

NO. 12

Oct. 1958

LIBRARY

OCT 5 1961

FISH & WILDLIFE SERVICE

BULLETIN

OF

TOHOKU REGIONAL

FISHERIES RESEARCH LABORATORY

東北海区水産研究所

研究報告

第12号

水 産 庁

東北海区水産研究所

宮城県塩釜市

昭和33年10月

TOHOKU REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

SHIOGAMA, MIYAGI PREF., JAPAN

東北海区水産研究所 研究報告 第12号

目 次

東北海区に於けるサンマ漁況と海況との関係に就いて	福 島 信 一	1
流れ藻調査から得られたサンマの産卵に関する知見	東北水研 " " " " 北海道水試 " " 木堀福小 村田島達 福内藤 政 喜之助 秀信 一繁 章治	28
Biological Comparison between the Pacific Tunas. Part 1.	Tsuyoshi Kawasaki	46
東北・北海道太平洋沿岸海域動物プランクトンの群集生態学的研究		
第1報 群集の統計的研究法の吟味並びに春季群集の水塊指標性 ..	浜 井 生 三 阿 部 進	80
日本近海産サバ属魚類の頭骨に就いて	東北水研 東海水研 " " 堀阿高 田部島 秀宗 之明 百合子	101
表面等温線の描き方について	川 合 英 夫	106
アブラガレイ (<i>Athresthes evermanni</i>) のビタミンA含有量の		
研究 (第2報)	山 村 弥六郎 武 藤 清一郎	121

東北海區に於けるサンマ漁況と 海況との關係に就いて*

福 島 信 一

RELATION BETWEEN THE FISHING OF THE PACIFIC SAURY
AND THE OCEANOGRAPHICAL CONDITIONS IN
THE NORTHEASTERN SEA AREA ALONG
THE PACIFIC COAST OF JAPAN.

By

Shin-ichi FUKUSIMA

The writer examined the relation between the fishing condition of saury and the oceanographical conditions in the years, 1949 to 1957.

(1) The water temperature of catch ranges from 7°C to 24°C. The temperature of the maximum catch centers at 14°C to 18°C with yearly fluctuation. The water temperature of the maximum catch decreases after late October.

(2) The prominence of the warm current in summer in the area adjacent to the Sanriku District provides a good condition for saury fishery. When the water temperature in summer is low the fishing drops.

(3) The saury migrates to the north with the head of the branch of the warm current and goes across the Oyashio Front in late July.

(4) The fishing ground of saury develops along the Oyashio Front in September and moves to the north side of the Kuroshio Front in early November.

The Oceanographical condition of each year is classified into the following types.

Type I. Both the cold and warm current in the inshore region are strong and the cold current of the offshore region is weak (type of rich catch in 1955).

Type II. The warm current is strong and the water temperature is high off the Sanriku District. The cold current in the offshore region is stronger than in the inshore region (type of good catch in 1950, 1952, 1954 and 1957).

Type III. The water temperature is heavily decreased off Sanriku and the warm current approaches Hokkaidō and the cold water in the offshore region is strong (type of meager catch in 1951, 1953 and 1956).

目 次

まえがき

[I] サンマの漁獲水温 (適水温)

⋮

[II] 三陸近海の海況とサンマ漁況との關係

(1) 釜石東近海 50 哩 10 m 層水温の消長

- (2) 棒受網時代のサンマ漁獲量
- (3) サンマ漁況と海況との関係

[III] サンマの北上魚道

- (1) 昭和28年度
 - (A) 6月末～7月初
 - (B) 7月下旬
- (2) 昭和30年度

[IV] サンマ漁場の海況と漁況

- (1) 昭和25年
 - (A) 解禁日前後
 - (B) 10月下旬
- (2) 昭和26年解禁日前後
- (3) 昭和27年解禁日前後
- (4) 昭和28年
 - (A) 解禁日直前
 - (B) 9月末～10月初

- (5) 昭和29年
 - (A) 解禁日直前
 - (B) 漁期の前期
 - (C) 漁期の後期
- (6) 昭和30年
 - (A) 解禁日前後
 - (B) 漁期の後期
- (7) 昭和31年
 - (A) 解禁日前
 - (B) 9月上旬
 - (C) 漁期の後期
- (8) 昭和32年
- (9) 総括

[V] 要約
文 献

まえがき

太平洋側のサンマ漁場は8月北海道近海に始まり、親潮勢力が強まるに従って次第に南下し、東北海区の漁期は12月中・下旬鹿島灘で終漁となるのが普通である。

例年、三陸沖を南下する寒流には近海と沖合とに主要な2つの分枝がある。之等の寒流に対応してサンマの南下魚道も2条認め得る(宇田 1930)。

宇田(1936)によれば、流刺網時代には、『9月沖合寒流の漁場が先づ発達し、10月に寒流が強く暖流が弱い場合は近海漁場が平年より早く発達し、秋季寒流勢力が相当強くても暖流が近岸に優勢な時は沖合漁場が著しく発展し、金華山沖に到り停滞する。漁場中心は何れの場合も寒流先端部東寄りの適温圏にあり、漁場中心の移動方向は略々寒流の進行方向(等温線の勾配方向)と一致する。』

その後、近年までサンマ漁場に関する調査研究は殆どなく、昭和24年サンマ棒受網時代に入つた。

筆者は最近、各年のサンマ漁場の発達と移動は海況の変動の著しい影響によつて各年各様で、魚体の大小により漁群の南下状態が相違する事を報告した(福島 1956)。また木村(1956)は東北海区の漁獲サンマの魚体長と海況との関係に就いて『親潮前線(潮境)が三陸近海から沖合へかけて甚だ強く発達している様な年には、8月末から9月にかけてサンマが南下行動を開始しても、此の潮境の線を切つて南下する事が出来ないので、何時迄も潮境の北側を游泳し、更に北方から南下して来るものも皆此の潮境で止められる為に、潮境の北側の魚群は次第にその量を増し、始めは大型魚が多いのであるが、次第に中型魚の割合が増加し、9月のサンマ漁期に入る頃には双峯¹⁾を形成する。従つて双峯を形成しない年には此の様な強烈な潮境が三陸の近海及び沖

1) 双峯とは魚体組成にはつきりした大・小2つの山が現われるものを言う。

合に見られなかつた年である。』と説明、更に魚群の南下速度と魚体の関係について論じ、南下速度が大きい年、従つて漁場が著しく南方で始まる年は単峯²⁾であるとしている。

本報告では、サンマ漁業解禁前の漁場調査³⁾、北上サンマ群の調査⁴⁾、蒼鷹丸・第1旭丸のサンマ漁場調査、冷害対策海洋調査⁵⁾、気象台・海上保安庁水路部・岩手県水産試験場等の海洋調査資料及び東北海区主要漁港入港サンマ漁船の漁況報告資料を用いて、昭和24年～32年のサンマ漁況と海況の関係について検討した結果、漁期前に親潮前線の型、寒・暖両流の強弱と流路、中冷水の状態等を調査し、総合的に判断する事によつて、サンマ漁の豊凶を予報する事が出来るという結論に達したので此処に報告する。

本文に入る前に、御協力願つた関係各県水産試験場のサンマ担当官、各調査船・指導船・練習船の乗組員に厚く御礼申し上げる。又調査に参加された本所海洋資源部の諸氏及び漁況報告収集に協力された多数の当業船の乗組員・魚市場関係の方々にも深く謝意を表する。本報告の作成に当つては、本研究所長木村喜之助博士に終始懇切な御指導を賜わり、堀田秀之・川崎健・川合英夫・小達繁・小川達各技官にいろいろと援助して頂き、資源部長山村弥六郎博士に原稿の校閲をわづらわした事を記して感謝する。

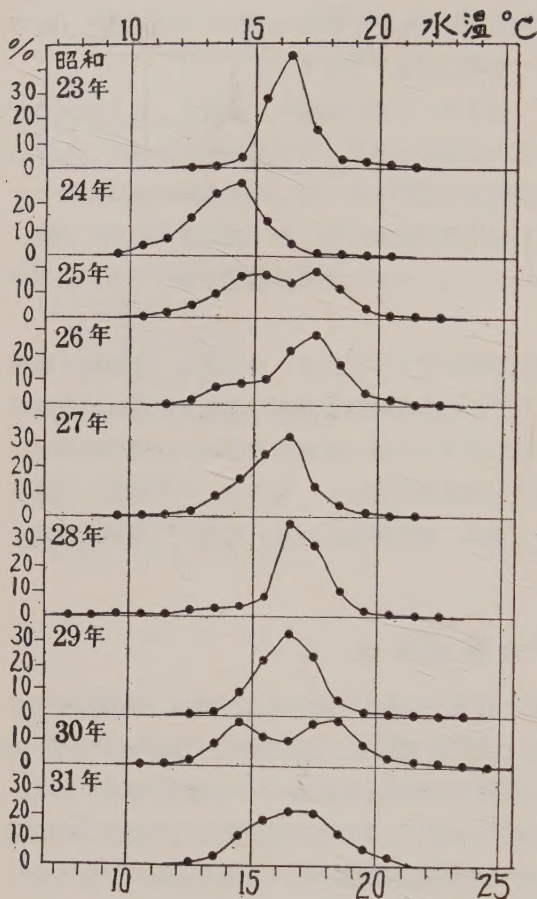
[I] サンマの漁獲水温

従来サンマの適水温（漁場の表面水温）は 16° 、 17°C と考えられており、池田（1933）は『サンマの適水温は 17.5°C で、漁期の進むにつれて 15°C に移り、適温範囲は $14.5^{\circ}\sim 18.5^{\circ}\text{C}$ の間で変化する』と云つている。然しカツオ船が 22°C 台の高温水帯でサンマ大群を発見したり、サケ・マス漁業で北洋へ出漁した多くの独航船が、水温 7° 、 8°C 台の漁場で、亦帰航の際 10°C 内外の水温でも大量のサンマを発見している。従つて漁況と海況について論ずる前に、先づサンマの適水温⁶⁾を明かにして置く必要がある。

昭和23年～31年の年毎及び月別・旬別の漁獲水温（表面水温）をそれぞれ第1図(A)・(B)に示した。

第1図(A)に明かな様に、サンマの漁獲水温には著しい年変化があり、 16° 、 17°C が適温であると言う様に簡単なものではない。昭和23年には表面水温 $13\sim 21^{\circ}\text{C}$ 台の範囲で漁獲があり、 16°C 台で最も多かつた。24年は $9\sim 20^{\circ}\text{C}$ 台で、峯は 14°C 台。25年は $10\sim 22^{\circ}\text{C}$ 台で、

- 2) 単峯とは魚体組成が単一で、1つの山きり現われないものを言う。
- 3) サンマ漁業解禁前の漁場調査は、昭和25年に同年の解禁日を決定する目的で、東北海区沖合1000裡に亘つて6県8隻の指導船の協力の下に実施して以来、解禁日の決定には関係なく毎年施行し、当業者の便に供すると共に資料の蓄積を計つて来た。
- 4) 北上サンマ群の調査は昭和27年岩手県水産試験場の協力を得て、岩手丸・北上丸で予備調査を施行。翌28年同水試及び宮古水産高等学校の協力で、宮古丸により6月・7月東北海区全般を調査した。29年、30年にも実施したが、船の都合で時期が遅かつた。
- 5) 冷害対策海洋調査は昭和28年の冷害後、三陸沖の水温が陸地に及ぼす影響が大きいため、気象調査と併せて海洋調査を行い、海況の変化から冷害に対する措置を講ずる目的で始められたが、結局30年の大豊作で打ち切りとなつた。
- 6) 適水温は該当魚種の游泳層を確め、その層の温度を以て表すべきであるが、資料の関係で此処では便宜的に魚船が測定した表面水温を用いた。



第1図(A) 昭和23年～31年の各年サンマ漁獲水温分布図(表面水温)

場沖合)、10月は14°C台で変化なく、11月上旬以後約2°C低下した。昭和25年9月末は13°C台の低温が多く、17°、18°C台でも若干操業、10月上旬17°C台で最高、中旬15°C台、10月下旬以降殆ど変化なく、平均すると14°C台となり、高温の方へ分布の裾が伸びている。昭和26年は9月下旬～10月中旬16°、17°C台で余り変化なく、10月下旬以後低温。昭和27年は9月末17°C台、10月上・中旬16°C台、10月下旬最も低く、その後も余り高くない。昭和28年は9月末17°C台、10月上・中旬16°、17°台、10月下旬から低下し始め、その後は低温域の操業が割合多く、高温域でも若干操業し、漁場範囲は非常に広い。昭和29年は9月末17°C台から10月上・中旬15°、16°C台へ下降、10月下旬17°C台に昇温し、11月上旬16°C台、同中・下旬15°C台、12月上旬は14°C台(約30%)、18°C台(約70%)の高低両水域に跨っている。昭和30年は9月末17°C台、10月上旬18°C台、同中旬は14°C台(25%)17°C台(75%)で、10月下旬以降13°、14°C台が多いが、高温域で操業していた船も2割程度あつた。

峯は14°・15°C台⁷⁾と17°C台の2つ。26年は11～22°C台で、峯は17°C台。27年は9°～21°C台で峯は16°C台。28年は7°～22°C台で、峯は16°C台。29年は11°～23°C台で、峯は16°C台。30年は10°～24°C台で、峯は14°C台と17°、18°C台の2つ。31年は9°～21°C台で、峯は16°C台となつている。

峯の位置は16°C台(昭和23・27・28・29・31の各年)が多いが、時には14°C台(24年)の様に著しく低い場合も、高低2つの峯が現れる場合(25・30年)もあり、最多獲水温の年変化は14～18°C台で、その幅は5°Cに達する。実際にサンマを漁獲した水温の下限は7°C台の低温で、その上限は24°C台の高温に達する場合もあり、実に18°Cに亘る大きな幅をもっている。

次に第1図(B)で漁獲水温の季節変化を検討する。

昭和23年は10月中旬までは16°C台で殆ど変化がないが、10月下旬以後1°C下降している。12月は資料がない。昭和24年は9月末15°C台で同漁期中最も高温(漁

7) 14°・15°C台というのは14°と15°で峯の高さが同様の場合を云う。

以上9ケ年のサンマ漁獲水温の季節変化を纏めると次の様になる。サンマの漁獲水温は10月中頃まで大きな変化はないが、10月末に下降し(但し27年は上昇、29年は11月初から下降)その後も次第に低下する傾向が見られるが、漁期の後半には漁場が黒潮前線の周辺と北方海区とに分かれるので、漁獲水温の幅が広くなり、時には高・低2水帯に分かれる事もある。

漁獲水温が下降し始める10月末には、魚群の大きな移動が見られ、漁獲サンマの魚体は1cm程度小さくなる。即ち漁獲が後続群を対象とする様になる(福島1956)。

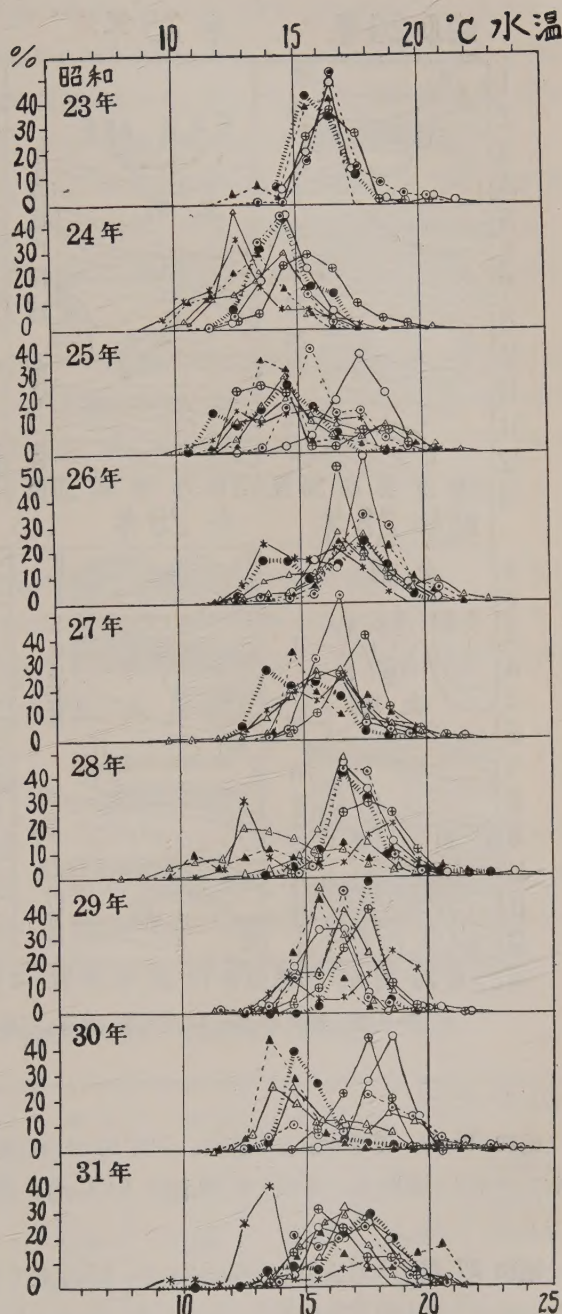
[II] 三陸近海の海況とサンマ漁況との関係

(1) 釜石東近海 50 湊 10 m 層水温の消長

第2図に岩手県水産試験場で施行している定線観測資料(定点は釜石の尾崎正東0, 5, 10, 20, 30, 40, 50湊の7点)の内、昭和24年以降8ケ年の各月の10m層水温⁸⁾を示した。第2図で晩春から初秋にかけての水温の上昇状態を吟味する。

昭和24年 5月10°C台、6月15°C台へと昇温し、9月上旬40~50湊には24°C台の高温が出現した。

昭和25年 暖流強勢で、8月上旬沖合50湊には25°C台が見られ、9月上旬も30湊16°C台の他は20°C以上50湊では21°C台で、10月上旬全般に18°C



第1図(B) 昭和23年~31年のサンマ漁獲水温の季節変化

記号説明 ⊕ 9月 ○ 10月上旬 ⊙ 10月中旬
● 10月下旬 △ 11月上旬 ▲ 11月中旬
▲ 11下旬 × 12月

8) 表面水温は日射・大気・降水等の影響を受け易いので10m層をとった。観測は毎月1回多くは中旬に行われている。



第 2 図 昭和 24 年～31 年尾崎 (釜石) 正東 50 哩 10 m 層水温イソプレット

台となつた。

昭和 26 年 夏季水温上昇遅れ、7 月 10 日の調査でも 15°C 以上の水温が見られず、8 月上旬ようやく 19°C 台、9 月上旬 30 哩の 21°C 台を最高とし、部分的に 20°C 台が見られた程度である。

昭和 27 年 7 月上旬の水温は 24 年・25 年並で 26 年よりかなり高温であつたが、8 月中旬の値は 7 月上旬と略々同様、9 月欠測、10 月上旬も亦 7 月・8 月と大差なく、20°C 以上の水温は全く観測出来なかつた。但し本所の漁況速報によると表面水温ではあるが、8 月中旬から此の方面の水温は 20°C を超え、9 月上旬は 20～23°C 程度であつた。

昭和 28 年 本年は東北地方一帯の農作物が冷害を受けたのであるが、水温も極めて低い。4 月高温、但し 6 月も 4 月と大差なく、7 月中旬の値はかなり高いが、8 月中旬も殆ど同様未だ 19°C 以下で、9 月中旬の値によりやく 20°C 台が見られた程度である。

昭和 29 年 4 月中旬かなり高温で、50 湊の範囲に亘り大体 14℃ 台であつたが、5 月中旬沿岸部は凡そ 5℃ 低下し、6 月下旬の値は前月より各方面約 3℃ 上昇したが、7 月中旬沖合は凡そ 4℃ 下降し、沿岸・沖合共に 13℃ 台の低温であつた。然し 8 月中旬 20～50 湊は 20℃ 或は 21℃ 台で、9 月中旬は 20～22℃ 台、かなり高温の年であつた。

昭和 30 年 3 月中旬 20～50 湊は著しく低温、4 月・5 月水温の上昇激しく、7 月中旬 20 湊以内は 16°～19℃ でかなり高温であるが、沖合は 14°、15℃ 程度で 5 月より低い。8 月・9 月は大体各方面共 20℃ 以上、特に 40、50 湊には 24℃ 前後の高温が見られるが、前年より 9 月の水温の下降は早かつた様である。

昭和 31 年 4 月初から水温は上昇したが、その昇温は極めて緩慢で、此の 8 ケ年中最も低温、9 月中旬沿岸部 (10 湊以内) に僅かに 20℃ 台が現れただけで、8 月中旬は沿岸部の 19℃ 前後を除くと、20～40 湊は 15℃ 前後の甚だ低温、但し秋の水温下降が激しくないの、10 月・11 月の水温は大体平年並であつた。

総 括

以上昭和 24 年以降の 8 月・9 月三陸近海に出現した高温水系の消長を総括すると、24 年 9 月の暖流勢力は他に比較にならぬ程強勢なものがあり、30 年・29 年・25 年が第 2 位、26 年・28 年・31 年は著しく低温で、特に 31 年は此の 8 ケ年中の最低である。27 年は 8 月中旬 19℃ 以下、9 月欠測で他の年と比較出来ないが、暖流系が強く発達した年である。

(2) 棒受網時代のサンマ漁獲量

従来サンマは流刺網漁業によつて漁獲されていたのであるが、昭和 23 年棒受漁業が能率のよい漁法である事が多くの当業者に認められ、24 年には殆んど全部の漁船が此の漁法を採り入れた。そして漁獲量は年毎に飛躍的に増大し、30 年には遂に 1 億 3,000 万貫に達した。此処ではサンマ棒受網が採り入れられた 24 年以降の漁獲量について検討する [第 1 表 (A)・(B)]。

第 1 表 (A) 昭和 24 年～31 年サンマ漁業の解禁日・年陸揚総量・全航海数・1 航海当り漁獲量及び魚体

年次 項目	昭和 24 年	" 25 年	" 26 年	" 27 年	" 28 年	" 29 年	" 30 年	" 31 年
解 禁 日	9月21日	9月25日	9月27日 [△]	9月20日	9月12日	9月16日	9月12日	8月12日 [※] 9月 1日 9月17日
陸 揚 量	万貫 [⊕] 1,700	3,370 [⊕]	3,440	6,019	6,568	7,575	13,036	8,348
航 海 数	6,790	10,033	21,227	24,074	34,230	31,954	43,484	49,504
1 航海当り 漁 獲 量	貫 2,963	2,754	1,488	2,500	1,920	2,370	3,000	1,685
魚 体	大 中	中	中	(大) 中	中 (小)	大 中	大 中	中 (小)

△ 昭和26年の解禁日は一応 9月27日と決定されたが、漁船は 9月25日出漁証明を受けて出漁した。
※ 昭和 31 年から解禁日は屯数階層別となり、従来の本州と北海道との相違はなくなつた。24 年～30 年の解禁日は本州側を示した。
⊕ 24年・25 年の陸揚数量は 26 年以後の統計調査部の資料と違つて水産庁の調査によるもので、特に 24 年の資料は信頼度が低く、恐らく陸揚量は本表中の数字より遙かに大きいものと思われる。

第 1 表 (B) 昭和 26 年～31 年の地域別サンマ年陸揚量・航海数及び 1 航海当り漁獲量

年次 項目 地域	昭和 26 年			昭和 27 年			昭和 28 年			昭和 29 年			昭和 30 年			昭和 31 年		
	陸揚量 万貫	航海数 回	1 航海当り 漁獲量 貫	陸揚量 万貫	航海数 回	1 航海当り 漁獲量 貫	陸揚量 万貫	航海数 回	1 航海当り 漁獲量 貫	陸揚量 万貫	航海数 回	1 航海当り 漁獲量 貫	陸揚量 万貫	航海数 回	1 航海当り 漁獲量 貫	陸揚量 万貫	航海数 回	1 航海当り 漁獲量 貫
根室	35	1,986	175	189	3,811	497	87	2,467	354	143	1,975	723	298	1,996	412	4,282	960	
釧路	67	2,305	288	269	2,371	1,134	265	6,396	415	459	4,906	936	1,060	8,209	1,668	13,922	1,195	
岩手	319	2,585	1,231	526	2,616	2,015	683	3,953	1,729	1,011	5,343	1,885	1,283	4,717	813	3,038	2,680	
宮城	1,561	7,394	2,111	2,592	9,513	2,719	3,053	9,088	3,358	3,139	7,349	4,278	5,343	10,028	1,892	5,982	3,165	
茨城	296	1,216	2,443	553	1,275	4,340	612	1,670	3,652	713	1,173	6,075	1,197	1,987	534	1,778	2,994	
千葉	249	1,597	1,556	536	1,899	2,825	419	2,267	1,841	521	2,201	2,363	829	2,119	3,920	422	2,055	
合 計	2,527	17,083	1,480	4,665	21,485	2,170	5,119	25,841	1,980	5,986	22,947	2,600	10,010	29,056	3,390	5,741	31,058	1,845

第 1 表 (A) には昭和 24 年～31 年の解禁日⁹⁾・年陸揚総量・全航海数・1 航海当り漁獲量及び魚体が示してある。陸揚量は 30 年まで年々増加し、31 年減少して第 2 位。航海数は 28 年まで増加し、29 年は前年より少く、31 年最大である。然し陸揚量の変化を検討すると、急増しているのは 24 年→25 年、26 年→27 年、28 年→29 年、29 年→30 年で、此の中 28 年→29 年の約 1,000 万貫増の他は、大抵 2 倍に近い増加である。一方 25 年→26 年、27 年→28 年では、前者は 70 万貫、後者 500 万貫の増加で、それぞれ 2%、8% 増に過ぎず、30 年→31 年は逆に約 40% の激減となつている。此の間航海数は、26 年には 25 年の 2 倍強となつたにもかかわらず陸揚は僅かに 2% 増加、28 年は 27 年より航海数は 1 万余回増したが陸揚は 8% 増に過ぎず、31 年は約 5 万回に達する航海数 (今までの最大) であるが、陸揚は 30 年より 5,000 万貫も少い。従つて各年の 1 航海当り漁獲量は 24 年 2,963 貫、25 年 2,754 貫、26 年 1,488 貫、27 年 2,500 貫、28 年 1,920 貫、29 年 2,370 貫、30 年 3,000 貫、31 年 1,685 貫となつており、24 年¹⁰⁾・30 年の約 3,000 貫が最高、次いで 25 年¹¹⁾・27 年・29 年の順となり、28 年は 2,000 貫弱でかなり少く、26 年・31 年はそれぞれ 24 年・30 年の約半分の不漁と言う事になる。

次に第 1 表 (B) によつて北海道は根室・釧路両支庁管内、本州は岩手・宮城・茨城・千葉各県に分けた地域的漁況を説明する。

北海道では 30 年まで第 1 表 (A) と同じ傾向で、26 年・28 年は不漁、27 年良好、29 年以後約 2 倍宛年々増加し、本州側不漁の 31 年は両支庁管内併せて 2,000 万貫

9) サンマ漁業の解禁日は従来北海道と本州とで異り、前者が約 1 ヶ月早く、船型の大小による差はなかつた。昭和 31 年サンマ漁業取締規則の一部が改正され、本州と北海道を区別せず、船の屯数によつて、20 屯未満、30 屯未満及び 30 屯以上 (大型船) の 3 段階で順次遅らせる様に改められた。

10), 11) 24 年は漁法が變つたばかりで極めて原始的方法で操業していたので、此の年の 2963 貫は 30 年の 3000 貫を上回る程の大漁と見てよいであろう。25 年も未だ技術が相当悪かつた。

余で北海道に於けるサンマ陸揚の最高記録を示し、1航海当り漁獲量も略々30年に匹敵している。此の現象は9月に入つて黒潮系暖水が釧路南東岸へ接岸し、それまで沖合を洄游していた魚群を一時に沿岸へ圧縮したからである。然し此の暖水はその後に来游する魚群が近海を南下するのを妨げたので、大量の魚群は沖合を南下し、本州の近海漁場は大不漁に終つたと考えられる。

(3) サンマ漁況と海況との関係

昭和24年・30年は三陸近海の暖流が特に強勢で水温上昇は激しく、10m層に23°、24°C台の高温が出現した。次いで29年・25年・27年が高温である。之等の年は皆サンマ漁は良好で、特に暖流の接岸と北上の強かつた24年・30年は1航海当り3,000貫に達する大豊漁で魚体も大型のものが多かつた。反対に26年・28年・31年の様に暖流勢力が甚だ弱い年には、サンマは不漁で魚体は小さい。では何故、暖流勢力が強ければ豊漁になるか簡単に言へば、暖流が強い程魚群が北方へ洄游する量が多くなり、南下に際しても急に南下する事なく、大きな群団となつて除々に南下するからである。従つて大規模な漁場調査が出来ない場合でも、三陸近海の暖流勢力の消長を継続的に調査し検討する事によつて、サンマ漁の豊凶や魚体についてその大略を見透す事が出来る。

流網時代には解禁当初の魚探コースは沖合へ向けられ、沖合・近海両漁場が発達したのであるが、棒受網になつてからは魚探コースは初めから近海へ向けられ、近海漁場だけが主に発達する様になつたので、此の海区(釜石近海)の海況が特にサンマ漁業と密接な関係をもつ様になつたので、之を検討したのであるが、此の観測は月1回丈で範囲も狭いので、変化の多い三陸近海の海況を充分につかみ得ない欠点はある。

[III] サンマの北上魚道

秋季、水温の低下に伴つて南下したサンマ群は、近海のものには熊野灘・徳島県近海でも漁獲され、水温の最低期には薩南諸島方面でも発見されている。之等の魚群及び途中で産出された稚・幼魚の群は春季増大する暖流勢力の北上に伴い、次第に北方へと洄游し、夏季は北方水域で過し秋季再び南下する。

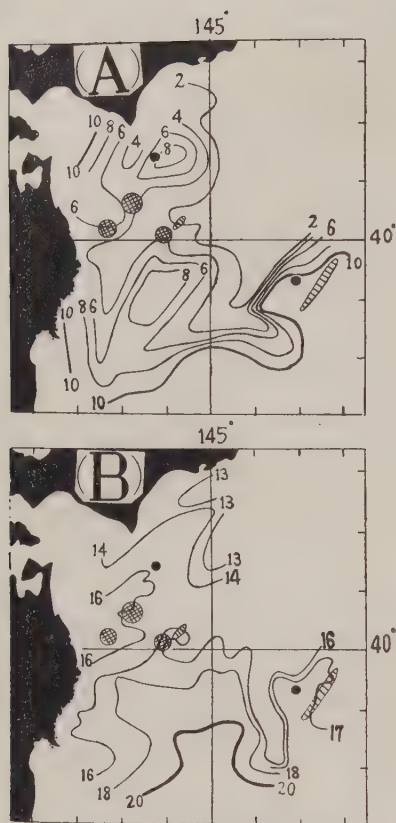
本所では昭和27年から北上サンマ調査を計画し、昭和28年には6月・7月岩手県立宮古水産高等学校練習船宮古丸で5航海、30年には釜石市漁船第2恵比須丸(本所委託調査船)及び岩手県水試指導船北上丸で調査を実施した。

(1) 昭和28年度

(A) 6月末～7月初〔第3図(A)・(B)〕

黒潮系水帯は近海と沖合の2つに分かれ、それぞれ三陸沖100哩、230哩附近にその先端がある。また津軽暖流は一旦八戸沖を南下後北東進し、襟裳岬近海まで達している。

当時サンマ大群を発見したのは、近海では宮古北東50哩、85哩、東北東95哩及び襟裳岬南東35哩～南南東50哩、沖合は釜石東230哩で、釜石沖230哩と襟裳岬南東微南40哩の両地点では夫々流刺網でサンマ成魚を漁獲した。特に襟裳岬近海には魚群が多く、魚体も大型



第3図 昭和28年6月下旬後半～
7月上旬前半

(B) 表面等温線 (A) 100m 層等温線
記号説明 ●…サンマ漁獲 1,000 貫以下
●…サンマ発見 大群
●…同 上 薄群

資料 宮古丸 6月24～27日、7月1～6
日、蒼鷹丸 6月28日～7月1日、
夕潮丸 7月5、6日、新南丸 6月
24～27日の観測。

のものがかなり多かつた。

之等のサンマ群を発見・漁獲したのは黒潮分派及び津軽暖流の北方乃至は北東方への突出部で、100m 層水温 2°C (中冷水) の南側、大体親潮前線の周辺である。金華山北東 35 湊附近では時々 2, 3 尾見たが、魚体は小さかつた。

(B) 7月下旬〔第4図(A)・(B)〕

近海の黒潮系暖流分派は金華山沖 100 湊附近から北北東に張り出し、襟裳岬南東 100 湊から北東へ進み、表面 16°C 台の水帯は色丹島東方沖合附近まで伸びていた。津軽暖流水域は6月末～7月初と大差ないが、水温は 2°C 内外上昇。三陸近海は低温であつた。

宮古丸は落石岬南～南南東 40～50 湊、襟裳岬東 10～40 湊で夥しいサンマ群を発見、特に落石岬南 45 湊、襟裳岬東 18 湊ではそれぞれ流刺網を操業、網が真白になる程網に罹つた。之等のサンマ群を発見・漁獲したのは表面水温 16°C 台、下層 100m 水温 2°C 或いはそれ以下即ち親潮前線を越えた地点である。但し 6月末～7月初頃親潮前線上に発見された様な大型魚の相当混入した魚群は既に此の附近には発見されず、何れも中型魚であつた。

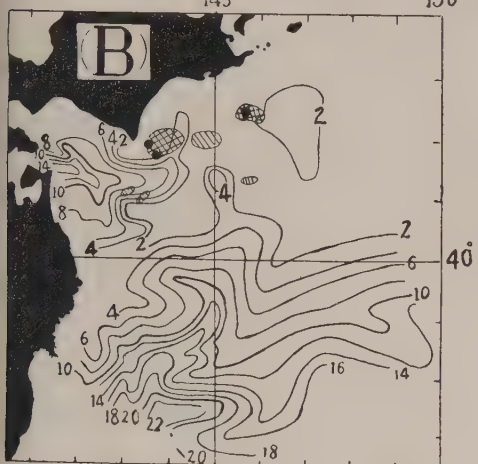
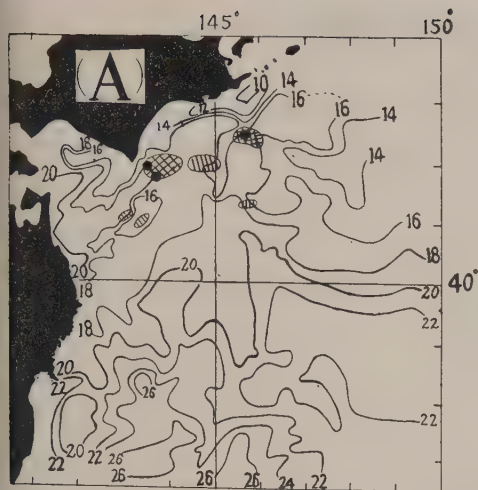
襟裳岬南 50～60 湊、東 55～80 湊、落石岬南 110 湊でもサンマを見たが、何れも薄く、広範囲に数尾ずつ見る程度であつた。襟裳岬東 30 湊附近のサンマはクロマグロの大群に追われていた。

また北水試月報によれば、中・南部千島の $8^{\circ}\sim 9^{\circ}\text{C}$ 台の水域にも道東海区沖合を北上した中型サンマ大群が洄游していた模様 (福原外3名)。

(2) 昭和30年度〔第5図(A)・(B)〕

8月中旬親潮は北海道へ著しく接岸、三陸沖 30 湊附近では極めて強く南下、表面水温は例年より $2^{\circ}, 3^{\circ}\text{C}$ 高いが、塩素量は 18.4‰ 以下で、中冷水は極めて広範囲に拡がっている。寒流の沖合分枝は非常に弱く、 150°E 以西には見られない。黒潮主流は金華山東方沖合を流れているが、三陸近海へも暖流水塊が強く接岸し、北上暖流の先端は落石岬南 100 湊附近を通り、その末端 16°C 台 (表面) の水帯は色丹島東 40 湊附近にも見られた。

従つて黒潮系水の末端を北上したサンマ群は、中部千島の新知島・松輪島方面まで達し、北洋へ出漁したサケ・マス漁業独航船によつて多数発見された。第2恵比須丸は色丹島東南東 20～



第4図 昭和28年7月下旬

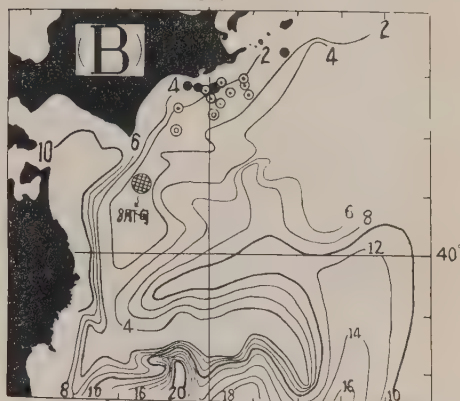
(A) 表面等温線 (B) 100 m 層等温線

記号説明 ●…サンマ漁獲 1,000 貫以下

●…サンマ発見 大群

●…同 上 薄群

資料 宮古丸 7月19~25日、大東丸 7月26~30日、岩手丸 7月25~28日、蒼鷹丸 7月26~30日、第1旭丸 7月22~24日、新南丸 7月28~30日の観測。



第5図 昭和30年8月中旬

(A) 表面等温線 (B) 100 m 層等温線

記号説明 数①~⑦…魚体測定標本採集位置

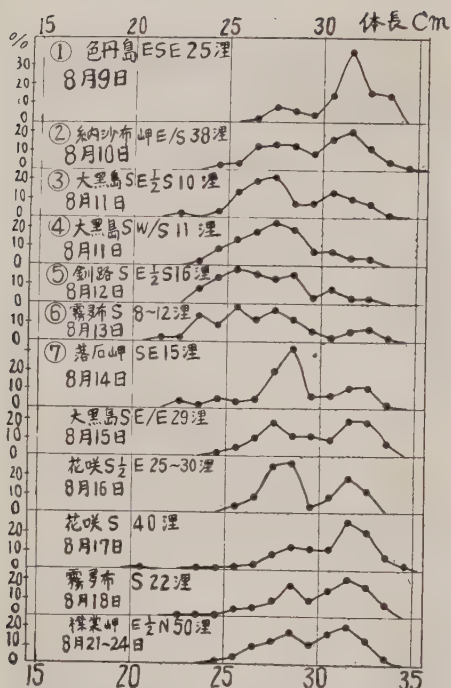
●…サンマ漁獲 1,000 貫以上

●…同 上 1万貫以上

●…サンマ発見 大群

資料 北上丸 8月9~15日、第2恵比須丸 8月9, 10日、蒼鷹丸 8月9, 10日、凌風丸 8月13~21日、夕潮丸 8月11~21日、岩手水試(沿岸) 8月17~19日の観測。

30 湊で大型サンマの大群を発見、濃霧の中で約 3,000 貫を漁獲、帰港中も此の附近から落石岬東南東 30 湊附近まで引続き各処でサンマ大・中群を発見、納沙布東 40 湊でも数百貫を漁獲した。当時岩手県水試の北上丸も色丹島南南東 30 湊、南南西 60 湊でサンマ濃群を屢々発見したが、荒天で操業出来なかつた。此の頃厚岸~釧路近海にはサンマ群殆どなく、12 日、13 日の荒天後表面水温の低下に伴い、道東海区近海にも魚群が出現し、漁模様は俄然好転した。8 月 22 日恵比須丸は襟裳岬東 40~50 湊で瞬間に満船したが、尚灯に集つたサンマの大部分を獲り残した程の大群であつた。又 8 月 28 日には襟裳岬南 35~46 湊の潮境で濃厚群を相次いで発見し



第 6 図 昭和 30 年 8 月 9～24 日 色丹島～襟裳岬沖漁獲サンマの体長組成
①～⑦ 図中の数は標本番号で之は第 5 図 (A) の番号と対応する。

渚では大型魚の増加(28%)が目立ち、8月15日以降は大・中型魚各々相半して漁獲され始め、その南下は次第に早まり、約1週間後には襟裳岬東45渚、約2週間で襟裳岬南40～50渚の親潮前線に達したと考えられ、南下速度は相当大きい。

[IV] サンマ漁場の海況と漁況

昭和25年以降毎年実施して来たサンマ漁業解禁前のサンマ分布及び海況調査の資料に基づいて、各年の海況とサンマ漁の豊凶の関係を検討する。

(1) 昭和 25 年

(A) 解禁日前後〔第7図 (A)・(B)〕

本年夏季の海況は黒潮が極めて強勢で、沖合のカツオ漁船は44°N以北まで北上操業した程度である。9月上旬八戸東135渚附近を中心に直径100渚に達する大暖水塊が在り、三陸近海は全く暖水域で覆われ、北海道近海を南下する親潮は微弱で、襟裳岬沿岸から尻屋崎沖へ僅かに張り出している程度である。暖水塊の東側を南下する寒流沖合分枝は極めて強勢で、表面水温20°C以下の水帯は鮎崎東110渚に達し、100m層2°C以下の中冷水は落石岬近海から数10

たが、荒天で操業出来なかつた。

次に此の期間のサンマ魚体を吟味する(第6図)。先ず8月9日～12日に色丹島近海から釧路近海に至る約150渚の間で得られた6標本に就いては、① 色丹島 ESE 25 渚では31cm台¹²⁾の大型魚が主体で81%、中型魚(27cm台)は19%である。② 納沙布岬 E/S 38 渚では大型魚(31cm台)51%、中型魚(27cm台)49%で、①より小型魚が幾分多い。③ 大黒島 SE1/2S 10 渚では大型魚(30cm台)30%、中型(26, 27cm台)70%で中型魚の中に小型魚の増加が目立つて来た。④ 大黒島 SW/S 11 渚では中型魚が主体で、大型魚12%、25cm以下の小型魚10%。⑤ 釧路 SE1/2S 16 渚では中型魚主体であるが峯は25cm台で著しく小さく、大型魚は僅少。此の様に大きいもの程北東沖合に分布していた。

次に8月13日大時化の通過直後、⑥ 霧多布岬 S 8～12 渚では21～33cm台のサンマが漁獲されたが、中・小型魚が主体。然し8月14日時化の通過に伴って水温低下した。⑦ 落石岬 SSE 15

12) 31cm台とは体長組成の峯の位置が31.0cmから32cm未満の間にあるものを言う。

渚の幅をもつて南南東に張り出している。

共盛丸は納沙布岬東 200 渚, 245 渚の地点でサンマ大群を発見 1,000 貫余を漁獲したが、各調査船は釧路～落石岬近海(距岸 60 渚以内)の潮境で操業、夫々相当な漁獲を挙げ、サンマ濃群を各処に発見したが、魚体は何れも中型であつた。之等サンマを発見・漁獲した地点は中冷水の縁辺である。然し此の様に低温な沖合寒流は此の海区から更に南へ著しく南下していたので(捕鯨調査船第 1 京丸の観測による)、此のコースを当然大量のサンマが南下したものと考ええる。

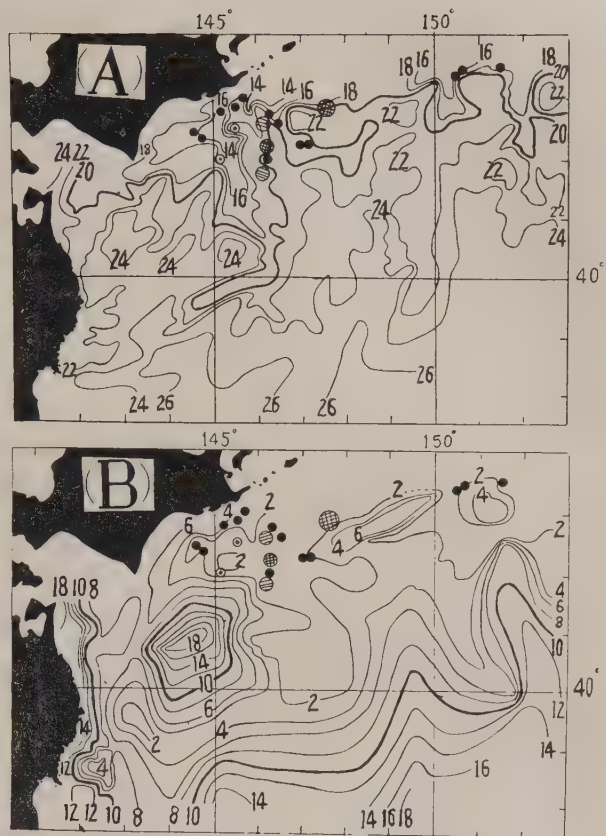
(B) 10 月下旬〔第 8 図(A)・(B)〕

10 月下旬になると近海の漁場は北は鮫角東から南は塩屋崎迄伸びているが好漁少なく、沖合は 39.5~40.5°N, 144.5~147°E 方面に好漁の船が多い。近海では寒流水系の南下が急に顕著になつて、南北各方面で操業が行われたが、沖合では 39°N あたりを東西に走る黒潮前線によつて魚群の南下が押えられ、従つて魚群密度も増大し、好漁となつたと解釈される。

本年は夏季暖流の北上勢力が非常に強く、サンマも多量に北方へ洄游したと思はれるが、9 月 146° E 以西一面が暖流水系で覆われ、寒流の南下はその沖合に強かつた為、南下サンマの相当大量の部分が沖合を南下したのではないかと考えられ、三陸近海のサンマ漁場は南下速度も早く、30 年程の大漁は得られなかつた。

(2) 昭和 26 年解禁日前後〔第 9 図(A)・(B)〕

解禁前の 9 月中旬三陸近海は著しく低温、18°, 19°C の低温は金華山附近に残存し、金華山東北東には直径 40~50 渚の冷水塊が認められた。沖合の北上暖流の水温は余り高くないが、北

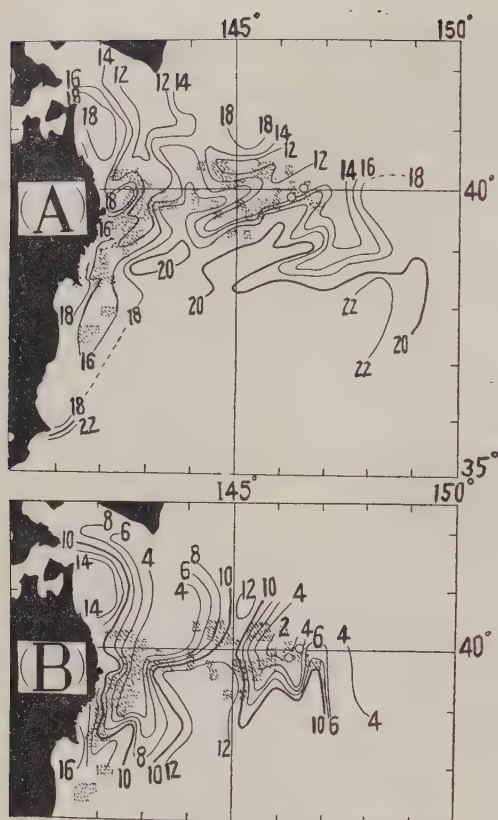


第 7 図 昭和 25 年 9 月上旬

(A) 表面等温線 (B) 100 m 層等温線

- 記号説明 ●……サンマ漁獲 1,000 貫以下
◎……同 上 1,000 貫以上
●……サンマ発見 大群
◎……同 上 薄群

資料 岩手丸 9 月 1~12 日、大東丸 9 月 1~7 日、共盛丸 9 月 2~8 日、茨城丸 9 月 1~6 日、常磐丸 9 月 2~9 日、ふさ丸 9 月 3~5 日、ちば丸 9 月 5~8 日、相模丸 9 月 2~9 日、第 1 京丸 9 月 1~12 日、第 1 海幸丸 9 月 1~7 日の観測。



第 8 図 昭和 25 年 10 月下旬

(A) 表面等温線 (B) 100 m 層等温線
斜線の部分はサンマ漁場、1 万貫以上の漁獲位置
を○印で示した。

資料 蒼鷹丸 10 月 22～25 日、夕潮丸 10 月 21～23 日、
第 4 海洋丸 10 月 21～23 日、若手水試 (沿岸) 10
月 25、26 日の観測。

(3) 昭和 27 年解禁日前後〔第 10 図 (A)・(B)〕

本年は前年と異り、親潮・黒潮共に強勢で、金華山近海には直径 40～50 哩の冷水塊は在るが、顕著な親潮前線は襟裳岬から南下し、40.5°N, 143°E あたりから東へ向い 40.5°N, 145°E あたりから北東に走っている。従つて此の前線に包まれた北海道道東海区の南方には、釧路南約 150 哩あたり迄中冷水の南下が明かに見られる。襟裳岬東 230 哩あたりから南西に突込む沖合寒流も強勢で、その先端は三陸沖 200 哩附近に達している。

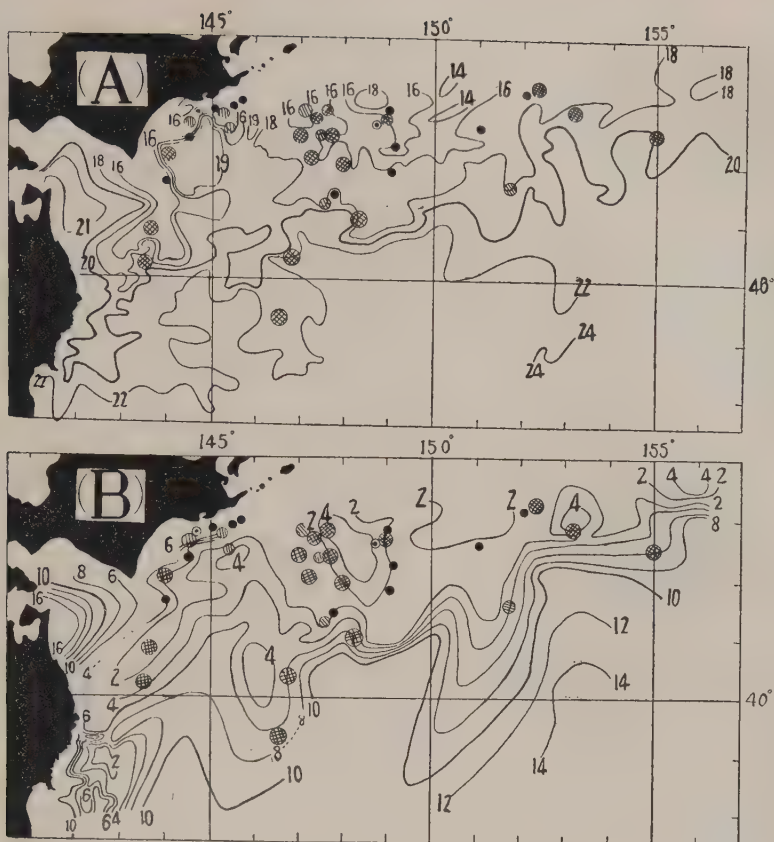
サンマは 155°E 以東の遠洋水域の表面水温 20°C 以下の水帯でも発見されたが、之等は濃密な魚群ではなかつた。

主な魚群は襟裳岬東 210 哩附近を中心とする沖合寒流の潮境、近海では落石岬南東～釧路南東 20～30 哩、襟裳岬近海から八戸東 60～110 哩に至る潮境で発見された。解禁後の漁場は此の八戸東近海が賑つた。

海道厚岸沿岸 30 哩に達し、その先端は沿岸水と共に近海寒流の南下路を圧迫している。此の附近では中冷水の幅は 10 哩内外である。此の事は北水試の調査にも明かで、『納沙布岬～襟裳岬の海区には黒潮分派が著しく接岸且つ沈降し、表層水温も例年より相当高く、従つて親潮の流路が阻まれている』(大垣・福原)。一方襟裳東 180 哩、270 哩にある沖合寒流の南下は顕著である。

9 月初出動した調査船は沖合の観測が終ると共に厚岸近海へ集つて操業するもの多く、宮古東北東 80 哩、八戸東方 90 哩、襟裳岬東南東～東 40 哩、釧路～厚岸近海で夫々サンマを発見、数ヶ所で漁獲した。亦沖合寒流の潮境ではカツオ船が到る処でサンマ大群を発見、調査船も数ヶ所で漁獲し、北上丸は 1,000 貫を漁獲、沖合を南下するサンマの量はかなり多い様である。

然し解禁と共に出漁した漁船は三陸近海 100 哩内外で操業、11 月には沖合 200 哩内外へ出漁して大漁した船も若干あつたが、多くの漁船は近海で終漁まで稼動し、沖合サンマは殆ど利用されなかつた。



第 9 図 昭和 26 年 9 月中旬

(A) 表面等温線 (B) 100 m 層等温線

記号説明 ●……サンマ漁獲 1,000 貫以下
 ◎……同 上 1,000~1 万貫
 ●……サンマ発見 大群
 ◎……同 上 薄群

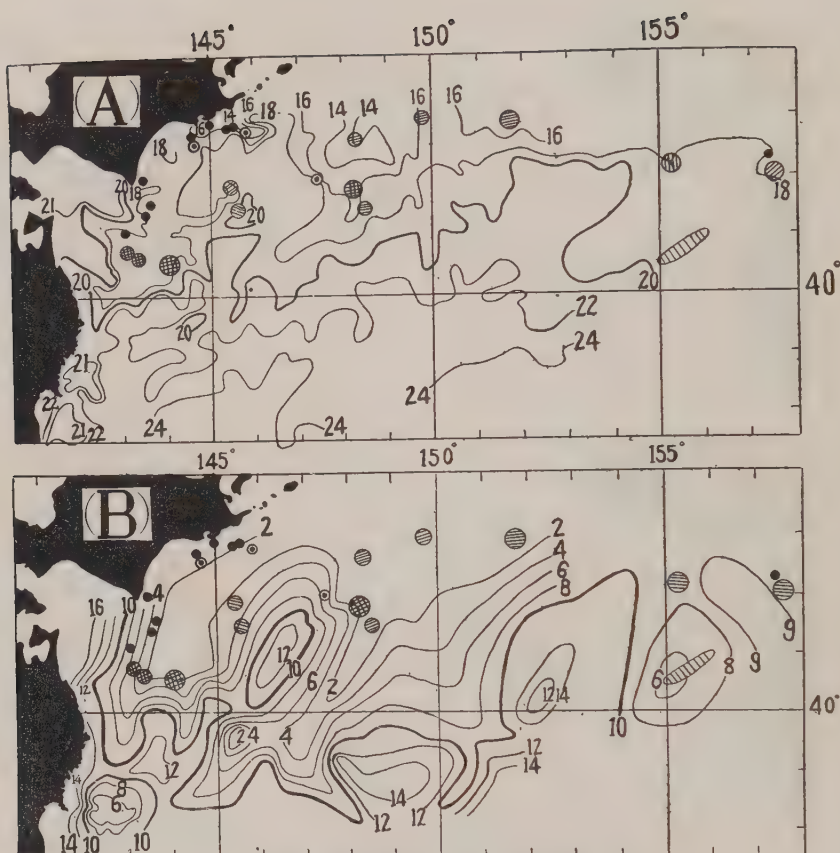
資料 蒼鷹丸 9月15~20日、北上丸 9月9~17日、大東丸 9月14~16日、
 共盛丸 9月14~16日、茨城丸 9月14~23日、ちば丸 9月15~20日、
 江之島丸 9月9~13日、第1旭丸 9月11~19日、夕潮丸 9月18~
 21日、生名丸 9月12~18日の観測。

本年は近海・沖合寒流共によく発達し、北海道近海から三陸近海へ 30 哩以上の幅で中冷水が南下、サンマ群の近海を南下する通路が広く、而も暖流が三陸近海へ接岸、津軽暖流と共に袋状の著しい潮境を形成したので、サンマ群の近海を南下するものが大量であつたらしく、且顯著に発達した潮境で南下を押えられて集積し、近海で好漁が得られたと考えられる。

(4) 昭和 28 年

(A)・解禁日直前〔第 11 図 (A)・(B)〕

9 月上旬東北海区全般に水温低く、親潮は潜流 (中冷水) 丈けでなく、表面でも明かに金華山あたり迄強く南下しているのが判る。沖合では寒流は三陸東 200 哩及び 450 哩方面を南下しており、暖流の北上勢力は例年より著しく弱い模様である。



第 10 図 昭和 27 年 9 月中旬

(A) 表面等温線 (B) 100 m 層等温線
 記号説明 ●……サンマ漁獲 1,000 貫以下
 ○……同 上 1,000~1 万貫
 ●……サンマ発見 大群
 ○……同 上 薄群

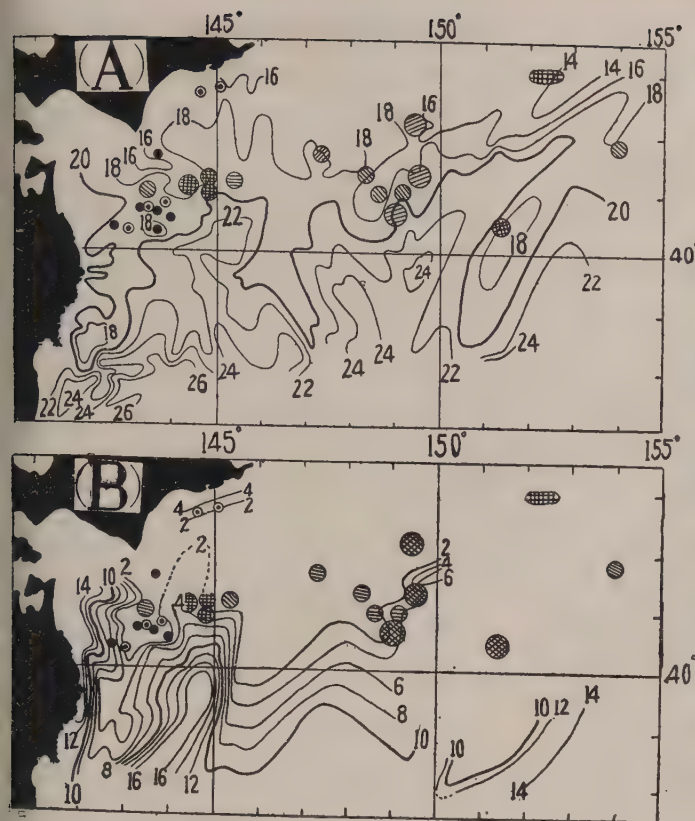
資料 北上丸 9 月 6~20 日、大東丸 9 月 13~22 日、茨城丸 9 月 7~21 日
 凌風丸 9 月 7~9 日の観測。

各調査船は近海では八戸東 50~110 ㍔附近でサンマ群を発見・漁獲した。沖合では宮古東北東 200 ㍔、東 220 ㍔、八戸東 330 ㍔、襟裳岬東 280 ㍔の広範な水域でサンマ濃厚群を発見、更に八戸東 440 ㍔、厚岸東 300 ㍔でも間断なく大群が発見された。之等沖合のサンマ群はカツオ船が発見したものが多く、沖合へ出動した茨城丸・共栄丸は荒天の為充分調査出来ず厚岸へ避泊、以後近海を調査したので、沖合魚群の状況は詳でない。

既に [III] の (1) で述べた様に、此の年の 6 月末乃至 7 月初、宮古丸は大型・中型魚の混合群を発見したのであるが、9 月以降の三陸近海の南下サンマ漁場では大型魚は漁獲出来なかつたのである。

(B) 9 月末~10 月初 [第 12 図 (A)・(B)]

9 月 12 日解禁と共に八戸近海が漁場となつたが、その後僅か半月余 9 月末には漁場先端は金



第 11 図 昭和 28 年 9 月上旬

(A) 表面等温線 (B) 100 m 層等温線

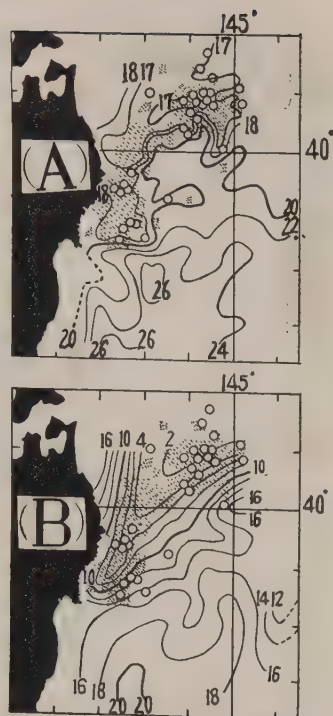
記号 ●……サンマ漁獲 1,000 貫以下

○……同 上 1,000~1 万貫

●……サンマ発見 大群

●……同 上 薄群

資料 磐城丸 9 月 9~11 日、茨城丸 9 月 2~13 日、ちば丸 9 月 7, 8 日、共栄丸 9 月 1~14 日、夕潮丸 9 月 3, 4 日、岩手水試(沿岸) 9 月 11 日の観測。



第 12 図 昭和 28 年 9 月下旬後半~10 月上旬前半

(A) 表面等温線

(B) 100 m 層等温線

記号説明 斜線の部分はサンマ漁場、1 万貫以上漁獲位置を特に○印で示した。

資料 第 4 海洋丸 9 月 28 日~10 月 5 日、竹生丸 10 月 4~6 日の観測。

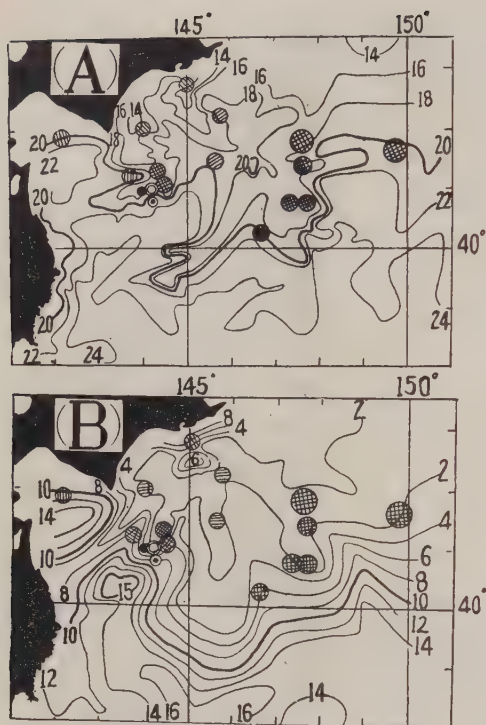
華山近海にまで達した。

一方黒潮本流の勢力は相当強い様で、鹿島灘を北上し金華山へ接岸した後北東へ向っている。従つて解禁当時の親潮前線に比べると金華山近海の潮境は著しく発達し、南下して来たサンマを金華山近海へ停め、三陸近海は次第に好漁となり、10 月上旬は 27 年迄に比べると最高の大漁であった。然し此の状態も長く続かず、10 月中旬黒潮の南退に伴い漁場は南方へ延び、魚群密度も減少し、漁は急に不振となつた。10 月に一部漁船は三陸東 300 哩内外の沖合へ出漁、1 隻平均 7,600 貫の大漁をしたが、沖合漁場への出漁船は甚だ少い。

(5) 昭和 29 年

(A) 解禁日直前〔第 13 図 (A)・(B)〕

9 月中旬黒潮水系は $143^{\circ}\sim 144^{\circ}\text{E}$ を北上して襟裳岬へ向い、三陸近海全般に高温である。従



第 13 図 昭和 29 年 9 月中旬

(A) 表面等温線 (B) 100 m 層等温線

記号説明 ●……サンマ漁獲 1,000 貫以下
◎……同 上 1,000~1 万貫
⊙……同 上 1 万貫以上

資料 蒼鷹丸 9 月 10~12 日、北上丸 9 月 9~12 日、茨城丸 9 月 9~13 日、ちば丸 9 月 9~11 日、9 月 16 日、みさご丸 9 月 17、18 日、第 3 探海丸 9 月 17 日、若竹丸 9 月 17 日、凌風丸 9 月 7~11 日の観測。

ると第 2 表の様になる。本表は本所の漁況報告から集計し、北海道厚岸～釧路沿岸漁場の分は除いてある (第 2 表)。

9 月中・下旬近海の漁獲量 152 万貫、沖合 197 万貫で、沖合が約 56 パーセントに達する。10 月上・中旬近海 219 万貫、沖合 231 万貫で、沖合が約 51 パーセントに当る。

本年は近海の寒流が弱く、近海漁場が不振であつたので、漁船は思い切つて沖合漁場へ出漁し大漁した訳である。然し 10 月中旬後半には近海寒流が強まつて近

つて例年北海道沿岸を南下する寒流の三陸近海への南下は殆ど認められない。一方襟裳岬東 145°~146°E を南下する沖合寒流は甚だ強勢である。

各調査船は襟裳岬南東～南南東 60~80 哩の潮境方面でサンマ群を発見、相当な漁獲を挙げた。解禁当初は当業船も殆ど此の海区へ集中した。然し沖合では八戸東微南 280 哩、八戸東 270 哩～尻屋崎東 280 哩あたりの水域、更に沖合尻屋崎東 380 哩附近でもカツオ漁船が屢々サンマの濃群を発見している。

之等のサンマを発見・漁獲した位置は第 13 図に明かな様に、殆ど中冷水 (100 m 水温 2°C 以下) の水域で、親潮前線の北側であり、サンマ主群は未だ親潮前線の上へ到達していない事が判る。

(B) 漁期の前期

9 月 16 日解禁当初、例年襟裳岬から三陸近海へ南下する寒流が微弱で、漁船は襟裳岬南東～南南東 80 哩附近の狭小な潮境へ集中したが、9 月下旬後半に至つて各船は沖合寒流の潮境へ出漁し、近年珍らしく沖合漁場が賑つた。今 145°E を境とし、沖合・近海漁場に分け、漁船が沖合漁場へ出漁した 10 月中旬 (中旬後半は僅少) 迄の両者の漁獲量を比べ

第 2 表 昭和 29 年 9 月中旬～10 月上旬 三陸サンマ漁場の沖合と近海による漁獲量の比較
(此の資料は本所で収集した漁況報告書により、漁場は 145°E 線の東と西に区分し北海道沿岸は含まない。)

月 漁場	9 月中・下旬	10 月上・中旬	合 計	割 合
近 海	1,517,325 貫	2,186,230 貫	3,703,555 貫	46.5%
沖 合	1,967,880 貫	2,304,745 貫	4,272,625 貫	53.5%

海に大漁場が達発し、鯱崎沖合の漁場は消失した。

(C) 漁期の後期〔第 14 図 (A)・(B)〕

11 月上旬後半～中旬前半、黒潮本流は銚子東 15～20 湊を通り北東に進み、塩屋崎東 60 湊あたりから東へ向っている。三陸沖の $39^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$, $143^{\circ}\sim 145^{\circ}\text{E}$ 方面には高温・高塩の黒潮系暖水塊があり、三陸近海を南下するサンマ群を非常に岸近くへ圧迫している。従つて特に釜石近海では港から 1 湊内外、湾口でさえサンマが漁獲されたと言う。

サンマ漁場は三陸の 40 湊以内近海一帯から塩屋崎東 50～60 湊に到り、此処から黒潮前線の北側を東へ、230 湊の沖合まで伸び、その全長は 400 湊に達する。此の潮境上何処でもサンマは漁獲されたが、潮境の発達が著しくない金華山近海は漁悪く出漁船も疎である。然し表層・下層に著しく潮境の発達した塩屋崎東方漁場は、近海・沖合共 1,000 貫以下の漁獲は稀で、1 万貫以上の大漁をした船もかなりある。

(6) 昭和 30 年

(A) 解禁日前後

8 月中旬の海況・漁況は既に [III] の (2) で説明したが、9 月に入ると水温の降下が目立つて来た〔第 15 図 (A)・(B)〕。100 m 層 3°C 以下の低温水は厚岸近海から襟裳岬近海を通り、 40°N あたり迄南下している。一方金華山の東 30 湊から 150 湊にかけて 100 m 層 4°C 以下の冷水塊が細長く東西へ延びている。然し $39.5^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$ 方面は近海も沖合も高温で、襟裳岬から南下する寒流水系を遮断している様である。

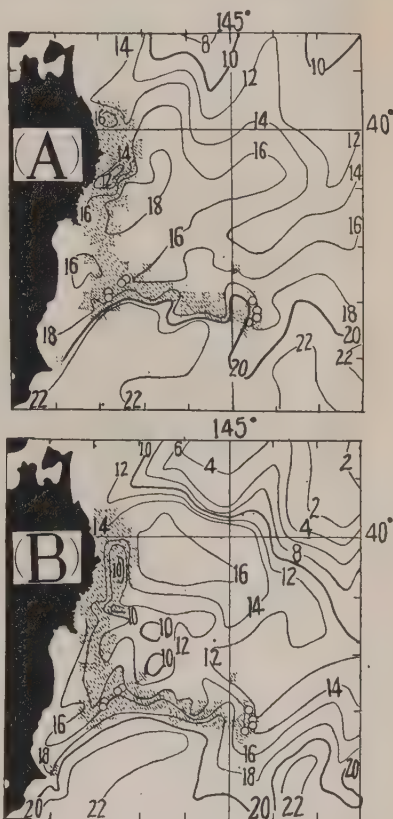
8 月末既に濃厚なサンマ群が襟裳岬近海まで南下、襟裳岬南 50 湊を走る鋭い前線(潮境)の壁に南下を阻まれ密集しているのを第 2 恵比須丸で発見した。9 月 12 日解禁当夜、三陸各港から北上して来た各船は何れも此の潮境で操業、5,000 貫以上の大漁をした。

(B) 漁期の後期

11 月中旬黒潮本流は鹿島灘沖合 50～60 湊を北東流し、金華山沖を東流している。沖合寒流は今期にも

150°E 以西には殆ど認められないが、近海寒流の南下は引続き著しい〔第 16 図 (A上)・(A下)〕。

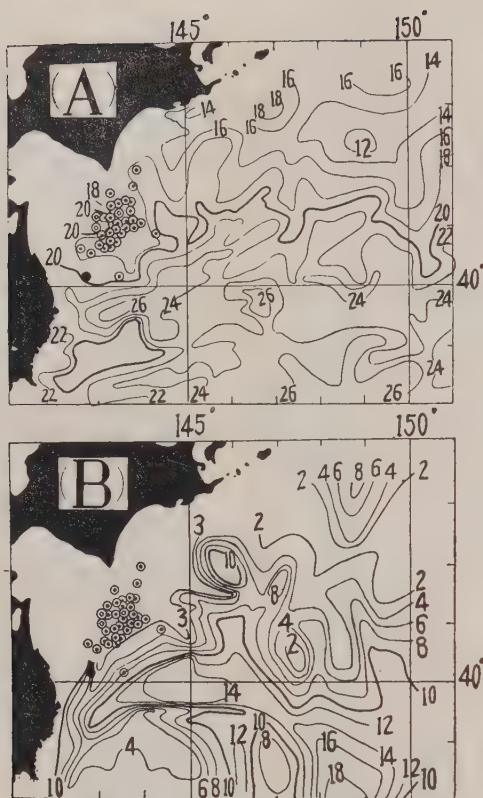
サンマ漁場は常磐近海乃至金華山東の黒潮前線北側(金華山東 150 湊以内)に形成され、到る処で大漁であつた。



第 14 図 昭和 29 年 11 月上旬後半～中旬前半

(A) 表面等温線 (B) 100 m 層等温線
記号説明 斜線の部分はサンマ漁場、1 万貫以上の漁獲位置を特に○印で示した。

資料 第 1 旭丸 11 月 5～9 日、天鷹丸 11 月 12～16 日、光洋丸 11 月 5～10 日、磐城丸 11 月 5, 6 日、凌風丸 11 月 11～16 日、岩手水試(沿岸) 11 月 11～14 日、かもめ丸 11 月 10, 15 日の観測。



第 15 図 昭和 30 年 9 月上旬

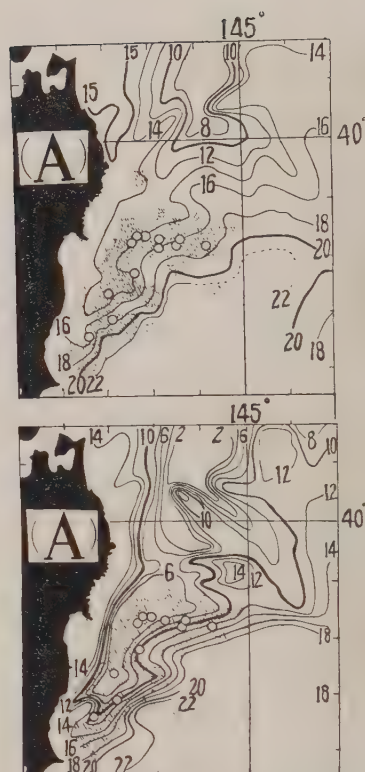
(A) 表面等温線 (B) 100 m 層等温線

記号説明 ●……サンマ漁獲 1,000 貫以下

◎……同 上 5,000~1 万貫

◎……同 上 1 万貫以上

資料 北上丸 9 月 5~8 日、千潮丸 9 月 7~11 日、夕潮丸 8 月 31 日~9 月 3 日、凌風丸 8 月 31 日~9 月 13 日の観測。



第 16 図 昭和 30 年 11 月中旬

(A上) 表面等温線

(A下) 100 m 層等温線

記号説明 斜線の部分はサンマ漁場、1 万貫以上の漁獲位置を特に○印で示した。

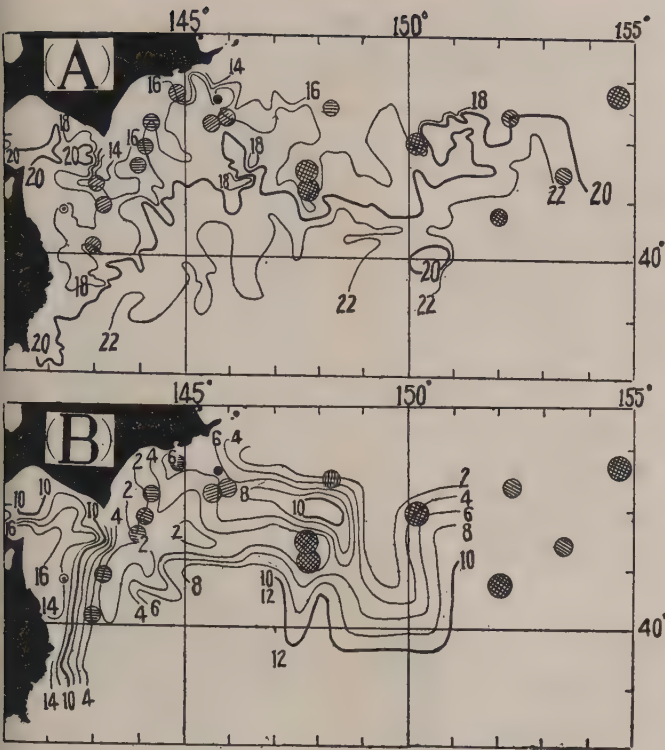
資料 第 1 旭丸 11 月 16~21 日、光洋丸 11 月 7、8 日、夕潮丸 11 月 14~19 日、凌風丸 11 月 12~21 日、岩手水試(沿岸) 11 月 10~18 日の観測。

(7) 昭和 31 年

(A) 解禁日前〔8 月下旬第 17 図(A)・(B)〕

9 月上・中旬頃の沖合広範囲に亘る調査記録が無いので、8 月下旬の資料で考察する。

8 月下旬黒潮の北上弱く、前年は黒潮本流が金華山東沖を東流していたが、本年は金華山東へは達していない様である。黒潮北上分派は金華山東 150 湫あたりから北上し、此の水域の温度も 2°, 3°C 低いが、其の影響下にある 18°C 台の暖水は霧多布沿岸へ接岸している。特に 100 m 層では釧路~花咲近海から東南東へ 200 湫伸びる細長い暖水域があり、厚岸近海 6°C 台、同東南東 150 湫 10°C 台の高温である。表面では 20°C 等温線が金華山近海から略々北東に走り三陸近海一帯は昭和 26 年・28 年同様 18°, 19°C の著しい低温に覆われ、100 m 層 4°C 以下の低水温は金華山沖 50, 60 湫でも見られている。又 149°~150°E を南下する沖合寒流は極めて強勢である。

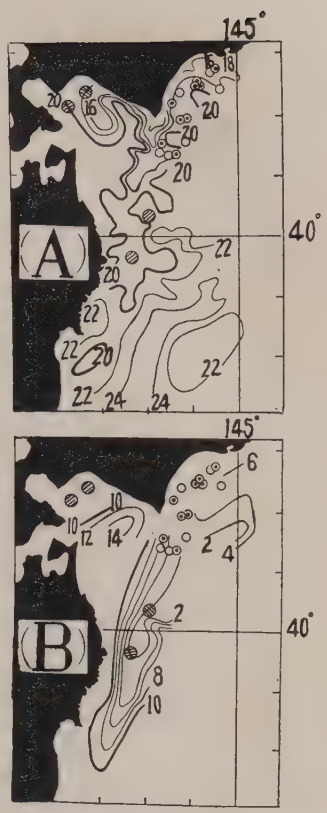


第 17 図 昭和 31 年 8 月下旬

(A) 表面等温線 (B) 100 m 層等温線

記号説明 ●……サンマ漁獲 1,000 貫以下
○……同 上 1,000~5,000 貫
◐……サンマ発見 大群
◑……同 上 薄群

資料 北上丸 8月19日~9月1日、ちば丸 8月21~29日、夕潮丸 8月21~30日、凌風丸 8月20, 21日の観測。



第 18 図 昭和 31 年 9 月上旬

(A) 表面等温線 (B) 100 m 層等温線

記号説明 ○……サンマ漁獲 1,000~5,000 貫
◐……同 上 5,000~10,000 貫
●……サンマ発見 薄群

資料 北上丸 9月5~9日、ちば丸 9月7~10日、千潮丸 9月7~10日。

当時、三陸~厚岸南東近海の各処(宮古北東 58 湫, 八戸東 75 湫, 襟裳岬南東~南南西 40 湫, 厚岸南 20 湫, 南南東 50 湫, 南東 60 湫)でサンマを発見したが、何れも群が薄く、ちば丸は八戸東微北 35 湫で 3,000 貫漁獲したが、魚体は極めて小さかつた。

一方沖合寒流の西側に当る 尻屋崎東 280 湫, 東側の襟裳岬東 300 湫あたりの沖合海区、更に東沖合の八戸東 470 湫, 厚岸東 430 湫の遠洋水域でもカツオ船がサンマ濃群を発見している。

(B) 9 月上旬 [第 18 図 (A)・(B)]

今期は沖合の資料がないので詳しい海況は判らない。黒潮は 8 月末に比べてかなり強まり、今年の最高水温を示した。金華山東 70 湫を中心に北上する黒潮分派の末流は著しく北上、稀に見る程北海道へ接岸し、襟裳岬~厚岸近海の水帯を陸岸へ圧縮した。

近海寒流は 8 月末に比べ一段と幅が狭まり、中冷水は釧路南東近海で完全に北部の親潮域から中断されているが、相変わらず低温域が細長く金華山附近迄連なっている。

千潮丸は宮古東 30 哩、北東 60 哩で、ちば丸は恵山岬北 20 哩、北東 40 哩で夫々サンマを発見したが、何れも群は薄い。8 月末北海道道東海区近海 50~60 哩に分布し北上中であつた中型のサンマ群は、9 月に入つて急激に接岸した暖流系水帯によつて、厚岸~襟裳岬沿岸へ圧縮され、此の方面のサンマ漁は俄然活況を呈し、極く短時日の間に 2,000 万貫という北海道のサンマ漁業創つて以来の漁獲量を記録するに至つた。

此の点、福原等(1957)も『特に釧路方面の距岸 2~5 哩で好漁したが、此の傾向は南方からの黒潮暖流の強勢に伴い顕著となり 9 月上旬その極に達した。』と指摘している。

(C) 漁期の後期〔第 19 図 (A)・(B)〕

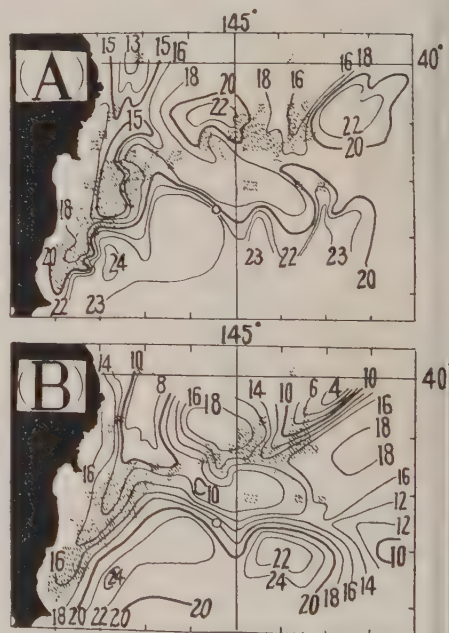
11 月は既に対流期に入つていたので、各水系の分布状態は表面水温でも充分に判断出来る。黒潮本流は銚子近海 20~30 哩から鹿島灘を略々北東に進み、釜石東 40~50 哩を通つて南下する近海寒流と金華山沖で突当り、著しい潮境を形成し、蛇行しながら東南東へ走つている。鰺里沖 150 哩、280 哩あたりには夫々直径 50 哩程度の暖水塊が見られる。之等の黒潮系の水温は可成り高温である。

かくてサンマ漁場は鹿島灘から金華山に至る近海の潮境及び黒潮の北側の潮境或は沖合の暖水塊の周辺に形成された。各船は沖合と近海に分れて操業した。近海漁場は著しい潮境に囲まれて頗る良好な漁場条件を備えていたが、近海へのサンマの南下は解禁当時北海道道東海区で遮断された為、主群も後続群も沖合魚道を大量に南下したものらしく、然も近海南下群は北海道丈で 2,000 万貫も漁獲されてしまつたので、11 月常磐近海の漁獲量は 1 航海 1,000 貫以下が半数を占め、5,000 貫以上は数える程しかないという大不漁であつた。

一方沖合漁場、即ち釜石東 210 哩へ突込む沖合寒流に連なる水帯と両側の暖水塊の周辺、及び沖合の暖流系水帯との潮境では、1,000 貫以下の漁獲量は少なく、5,000 貫以上約 3 割、1 万貫以上もあり、頗る大漁、沖合の南下群が近海に比べて著しく多かつた事実を示している。

(8) 昭和 32 年〔第 20 図 (A)・(B)〕

8 月末~9 月初、黒潮本流は金華山沖を東流している模様であるが、その北上分派は金華山沖 120 哩、350 哩あたりに見られ、又、三陸近海 70 哩附近にも小分派がある。三陸沖 120 哩を北上した分派は 2 つに分かれ、1 つは襟裳岬南南東 100 哩あたりに大暖水域を形成、他は北海



第 19 図 昭和 31 年 11 月上旬後半~
中旬前半

(A) 表面等温線 (B) 100 m 層等温線
記号 斜線の部分はサンマ漁場 1 万貫以上の
漁獲位置を○印で示した。

資料 第 1 旭丸 11 月 7~9 日、凌風丸 11
月 5~15 日、明洋丸 11 月 7~15 日、
第 4 海洋丸 11 月 12~15 日、岩手水
試(沿岸)11 月 13、15 日の観測。



第 20 図 昭和 32 年 8 月下旬～9 月上旬前半

(A) 表面等温線 (B) 100 m 層等温線

記号説明 ●……サンマ漁獲 1,000 貫以上
 ◎……同 上 1,000～1 万貫
 ●……サンマ発見 大群
 ◎……同 上 薄群

資料 北上丸 8月24日～9月5日、千潮丸 8月26日～9月7日、
 かわちどり 8月31日～9月6日。

道から著しく離れ北東へ伸びている。津軽暖流は強くない。

北海道岸沿いに南下する親潮は襟裳岬から黒崎沿岸へ向い甚だ細長く、中冷水は襟裳岬南 30 哩以南には見られないが、三陸近海には 100 m 層 5°C 台の冷水塊がある。黒崎沖 150 哩附近の寒流は沿岸よりかなり強勢、三陸沖 280 哩附近の寒流は更に強勢で、夏季から引続いて認められ、今期中冷水の南下著しく、表面 20°C 以下の冷水は断続しながら綾里崎東 240 哩迄分布し、その先端は金華山東沖合に達している。155°E, 159°E 方面の寒流も明瞭だが、下層水温の記録はない。

今期海況の特徴は、第1に各寒・暖流分派が常に見られぬ程細長く伸びていた。第2に近海では表面水温はそれ程高温でないが、下層は割合高温で、中冷水は著しく北方にあつた。第3に沿岸の寒流が最も狭小で、沖合程その勢力増大し、280 哩附近が最も広範囲である。

当時小型船は既に道東海区近海で操業していたが、北海道のサンマ漁は不振であつた。北上・千潮丸は襟裳岬東 50 哩周辺、落石岬南 30 哩～東 40 哩及び道東海区を東北東に走る潮流でサンマ群を発見・漁獲したが、此の方面の魚群は薄かつた模様。145°・146°E の寒流は沿岸に比べ相当強勢なので、此の方面を大量のサンマが南下する事が予想されたが、調査が不充分で魚群分布は明かでなかつた。然し此の海区は三陸から 200 哩内外、漁船で1昼夜内外の航程なので、10 月初此処に沖合漁場が発達、本年の漁獲量は飛躍的に増大した。一方襟裳岬東 300 哩附近の寒流周辺はサンマ群頗る多く、多数のカツオ船が連日サンマ大群（高温水域 22°C 内外のものとは小型魚或はナンキンと報告された）を発見、更に遠洋水域でも毎日カツオ船がサンマ大群を発見した。

此の様にサンマ群は近海に比べ沖合に頗る多かつたが、魚群の発見・漁獲水温は近海は沖合よりかなり低温で 15°C 内外、沖合及び遠洋は 20°C 内外である。近海は表面水温 16°C 台附近に中冷水が分布し、沖合は 20°C（表面）以上の水域にも中冷水が広範囲に分布し、之等中冷水の周辺に魚群の分布が見られている。

本年北海道サンマ漁の不振は、暖流が道東海区へ接近しなかつた故で、100 m 2°C の等温線は襟裳岬南 30 哩から略々東へ走り、霧多布南沖で最も離岸し、落石岬南東海区だけ 20 哩まで接近、更に南千島沖合を北東へ走っている。魚群は道東海区沖合 50～60 哩を南下したものが多く、沿岸部へ出漁した小型船は不漁に終つたのである。

10 月魚群の南下速度は次第に早まり、10 月中旬金華山沖、同下旬前半先端は鹿島灘へ達し、之等大・中型魚半々に混つた第1派の魚群は更に南方海区へと逸散し、11 月上旬再び黒潮が沿岸し前線が金華山沖を東へ走り此の潮境上東西に漁場が発達したが、11 月上旬後半には中型魚を主とする後続群が漁獲され始め、魚体は次第に小さくなつた。

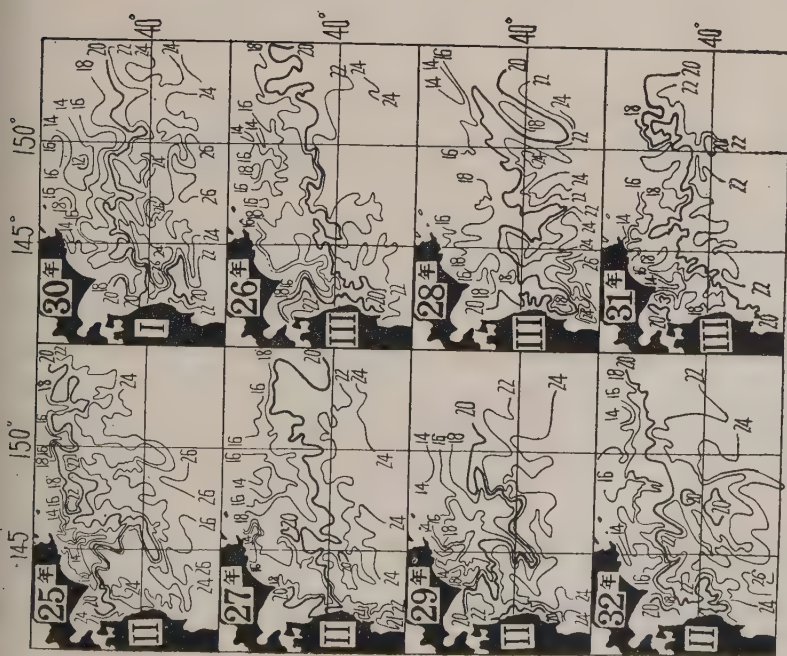
天鷹丸の調査結果（10月下旬～11月上旬）では沖合寒流は一段と勢力が増大し、金華山東 250 哩附近を南下し、その先端は 11 月上旬前半那珂湊東方沖合以南に達し、金華山東 300 哩附近で発見したサンマ大群は中・小型の後続群であつた。

(9) 総 括

以上最近 8 ケ年のサンマ漁況と海況との関係に就いて説明した。之を総括すると次の様になる。

9 月漁期初のサンマ漁場は年により表面の漁獲水温にはかなり高低があるが、下層水温は略々一定で、100 m 層 2°C の中冷水の縁辺（親潮前線）上に形成される。その後水温の下降、寒流の発達と共に前線上の漁場は次第に南下し、10 月下旬一部は黒潮前線へ移動、11 月初めには黒潮前線の北側に主漁場が形成され、12 月中・下旬終漁となる。

各年の晩夏から初秋の海況を次の様な型に分類して、それに対応するサンマ漁況を考えてみる〔第 21 図 (A)・(B)〕。



第 21 図 (A) 昭和 25 年～32 年サンマ漁業解禁直前の海況の型 (表面等温線) と豊凶

(説明)
三陸上のローマ数字は海況の型を示す (I 豊漁型・II 好漁型・III 不漁型)。
25 年 9 月上旬、26 年 9 月中旬、27 年 9 月中旬、28 年 9 月上旬、29 年 9 月中旬、30 年 9 月上旬、31 年 8 月下旬、32 年 8 月下旬後半～9 月上旬の資料を使用した。



第 21 図 (B) 昭和 25 年～32 年 サンマ漁業解禁直前の海況の型 (100 m 等温線) と豊凶

第 1 の 型

近海の黒潮・親潮共に著しく強勢で、沖合寒流は微弱である(大豊漁の型)。

之は昭和 30 年の型である。即ち 30 年は黒潮が強勢だった ので、サンマは中部千島方面迄大量に北上した。そして北海道岸沿いの寒流も甚だ強勢で、南千島・北海道 30~50 哩から三陸近海へ大規模な潮境が形成され、沖合寒流は微弱だった ので、近年稀に見る大量のサンマが近海へ来游した。此の海況の型は漁期末まで持続し、次々と来游する魚群は近海に形成された顕著な潮境に大型・中型の混合群が集積され、魚群密度甚だ大きく、年漁獲 1 億 3,000 万貫という大豊漁となった。

第 2 の 型

黒潮強勢で、三陸北部沖合 100 哩 (時に 200 哩) に暖水塊があり、近海寒流は一般に微弱で、沖合寒流が強勢である (好漁型)。

之は昭和 25 年・27 年・29 年・32 年の型である。黒潮が強いのでサンマは大量に北方海区迄北上する。そして 25 年の様に著しく 発達した沖合魚道を大量の魚群が漁獲対象とならずに南下してしまつたという事も考えられるが、大抵沖合寒流の漁場は 200 哩内外に形成されるので、盛漁期には此の方面へも出漁し、短期間ではあるが頗る大漁する (但し 27 年は暖水塊が釧路南東 150 哩に存つたので、近海寒流が初から発達し、主に近海が好漁)。何れにしても暖流が強いので潮境が発達し、漁獲能率は高い。暖水塊が消滅すると急速に近海寒流が発達する事もあるが (25 年)、引続き近海寒流微弱な場合は、漁場が停滞して操業能率を高め、漁況は良好である。

第 3 の 型

三陸近海著しく低温、暖流分派は三陸沖で離岸し、北海道へ接近、潮境発達せず、沖合寒流強勢である (不漁型)。

之は昭和 26 年・28 年・31 年の型である。此の 3 ケ年三陸近海は甚だ低温である。31 年は 9 月大型船解禁当時水温最も上昇、黒潮水域の水温は低い、北上分派の末端は北海道へ接岸し、此の方面のサンマを一時に沿岸部へ圧縮したので、北海道としては空前の大漁を見た。然し此の暖水塊は後続群の近海来游を遮断したので、沖合を南下する魚群が多く、本州近海は甚だ不漁に終つたのであらう。26 年は 31 年程暖流の北海道への接近は著しくないが、矢張りサンマの近海への南下は妨げられていたと考えられる。28 年も近海への魚群来游量は沖合より 少かつたのであらうが、後続群の通路は 26 年・31 年程妨げられなかつたので、一時黒潮が金華山へ接近し、潮境が発達した時期には、中型魚をかなり大漁した。一般に之等の年は暖流分派末端が北海道へ接近し、本州近海へのサンマ来游量が少く、而も潮境の発達が不十分なので逸散が多く、漁獲能率低下して不漁に終るのであらう。

[V] 要 約

昭和 24 年~32 年の東北海区に於けるサンマ漁況と海況との関係を検討し、豊凶の予報に就いて考察した。

(1) サンマの漁獲水温は $7^{\circ}\sim 24^{\circ}\text{C}$ 、最多獲水温は $14^{\circ}\sim 18^{\circ}\text{C}$ の範囲で年変化があり、初漁期から 10 月中頃まで殆んど変化なく、10 月下旬から次第に下降する。此の頃から後続群が漁獲対象となり、魚体は小さくなる。

(2) 晩春から初秋の三陸近海(釜石の尾崎正東 50 湊) 10 m 層の水温は、24 年最高、30 年・29 年・25 年・27 年之に次ぎ高温、26 年・28 年・31 年は低温である。次に棒受網時代のサンマ漁獲量を吟味し、海況と漁況との関係を検討した結果。サンマ漁は此の海区の暖流強勢(高温)な年程良く、特に 30 年は大豊漁、低温な年程悪く、31 年は大不漁であつた。之は暖流が強い程北上サンマの量が多く、漁獲能率も良くなるからである。

(3) 春季黒潮勢力の増大に伴い、サンマは暖流分派の先端を北上し、6 月末乃至 7 月初親潮前線周辺に游泳しているが、7 月末親潮前線を越える。南下直前には大きいもの程北方に分布する模様。

(4) サンマ漁場は漁期初親潮前線上(中冷水の縁辺)に形成され、その後次第に南下し、11 月初黒潮前線の北側へ移る。各年 9 月上・中旬の海況を次の型に分けて考えた。

第 1 の型 近海の寒・暖両流共に強勢で、沖合寒流は微弱。之は 30 年の型で、近海を南下するサンマ頗る多く大豊漁となる。

第 2 の型 黒潮強勢、三陸沖に暖水塊あり、大抵近海寒流より沖合の方が強勢。之は 25 年・27 年・29 年・32 年の型、沖合南下群が多いが、沖合漁場三陸から近く、一時沖合で大漁、近海も潮境顕著で漁獲能率高く好漁となる。

第 3 の型 三陸近海著しく低温、暖流は三陸沖で離岸し、末端は北海道へ接近、潮境発達せず、沖合寒流強勢。之は 26 年・28 年・31 年の型、北海道へ接近した暖水塊が近海への魚群の南下を妨げるので、沖合洄游群が多くなる。其の上近海は潮境が発達しないので魚群の逸散が多く、漁獲能率悪く特に 31 年は大不漁となつた。

文 献

池田信也(1933)：漁業連絡試験報告 其の 1 東北沖に於ける昭和 5 年度サンマ漁況の一考察 水産試験場報告 (3)

宇田道隆(1936)：東北海区におけるサンマ漁場移動と親潮寒流との関係 日本水産学会誌 5 (4)

大垣光平・福原 章(1952)：昭和 26 年度(1951) 北海道サンマ漁業解禁日決定調査概報 北水試月報 9 (4)

海上保安庁水路部：海洋概報 昭和 30 年, 31 年

笠原 晃・大鶴典生(1952)：綜説 サンマの研究 漁業科学叢書 (3)

気象庁：海況旬報 昭和 26 年～32 年

木村喜之助(1956)：海況による魚群の集合分離の一理論 第 1 報 東北海区秋季のサンマ漁場に関して 東北海区水産研究所研究報告 (7)

東北海区水産研究所：漁況速報 昭和 25 年～32 年

函館海洋气象台：海洋速報 昭和 29 年～31 年

福島信一(1956)：東北海区に於ける漁獲サンマの体長組成に就いて 東北海区水産研究所 研究報告 (7)

福原 章外 3 名(1954)：昭和 28 年度(1953) 北海道サンマ漁業解禁前に於ける綜合漁場調査概報 北水試月報 11 (5)

福原 章他 4 名(1957)：昭和 31 年(1956) 北海道サンマ漁況と海況の特徴について 北水試月報 14 (8)

流れ藻調査から得られたサンマの 産卵に関する知見※

東北海区水産研究所	木	村	喜之助
"	堀	田	秀之
"	福	島	信一
"	小	達	繁
北海道立水産試験場	福	原	章
"	内	藤	政治

STUDY OF THE PACIFIC SAURY SPAWNING ON THE DRIFTING SEA-WEEDS IN THE SEA OF JAPAN

By

Kinosuke KIMURA	Tohoku Regional Fisheries Research Laboratory
Hideyuki HOTTA	" "
Shin-ichi FUKUSHIMA	" "
Shigeru ODATE	" "
Akira FUKUHARA	Hokkaido Fisheries Scientific Institution
Masaji NAITO	" "

The eggs of the Pacific saury (*Cololabis saira*) deposited in the water adhere usually to the drifting matters on the sea surface, of which the sea-weeds are major item often found. Thus, it seems apparent that the collection and study of these eggs present us a considerable amount of knowledge on the spawning of this pelagic marine fish.

In the western region of the Tsugaru Strait, where a large amount of sea-weeds is commonly observed, the fish congregate into big shoals for spawning, and are, at the same time, easily exposed to the gears operated by fishermen. This particular region in the Sea of Japan, therefore, is believed to afford a suitable place for such study.

During the peak season (June) of their spawning in 1956 and 1957, the writers surveying the drifting sea-weeds and sampling the eggs on them, studied the distributional pattern of the weeds (Figs. 2, 4 and 6) and prepared charts depicting the qualitative distribution of the eggs in the waters (Figs. 3, 5 and 7).

From the analysis of our data collected it was made apparent: the shoals of saury appear more frequently on and around the Japan Sea Front, which lines the boundary between the warm water part of the Tsushima Current on one side and the cold water part on the other occupying the northern region of the Japan Sea; also, the drifting sea-weeds are observed not only around the Front (especially of its warm

water side) but also on the coastal region of Honshû with warm water. Our study further indicates that the weeds carrying more eggs are found more abundantly on the area of the Front than on the other areas, and the population of eggs is thicker on the western side of the Tsugaru Strait, since the Japan Sea Front comes closer to the coast as it approaches the Strait.

The examination of the developmental stages of eggs led us to believe that the spawning of eggs takes place whole day through, but its peak activity will be seen three occasions a day, mid-night, early morning and around 3 p.m..

The drifting sea-weeds were mostly *Sargassum*, of which *S. horneri* was found to be major species.

It was also observed many species of fish in their larval and juvenile stage dwelling underneath and within the masses of weeds. The collection of these young fish, though not successfully made in the present study, enabled us to make the catch of *Agrammus agrammus* and *Sebastes taczanowskii* as the representative species. The analysis of the stomach content of these fish revealed that a some individuals of *A. agrammus* weighing 3 to 20g had saury eggs in the stomach amounting some 10% of their body-weight, and this finding of prey-predator relation was believed to be an important subject of further studies on the recruitment of saury population.

ま え が き

サンマは産卵に際して、海中の固形物を探し求め、之に放出卵塊を粘着・纏絡させる。従来屢々沖合で延縄のロープに産みつけられたサンマの卵塊を見る事があり、日本海の佐渡或は北海道の渡島半島近海（日本海側）では、サンマの来游時に海中へムシロ（藁で編んだもの）を投げてやると、之に集つて産卵し、その産卵状態にあるサンマを手で掴みとる事さえも出来る程であり、現在も日本海ではサンマ群の接岸時に此の手掴み漁業を行つている漁村が少なくない。

海中に漂流している固形物で最も多いものと云えば恐らくは流れ藻であろう。今、日本海の流れ藻を考えて見るのに、その或るものは対馬海峡から日本海へ流入したものもあるだろうし、日本海沿岸で発育したものがちぎれて漂流しているものもあろう。兎も角之等の流れ藻は漂流の過程に於いて、自然に潮境へ集まつて来る。

日本海の潮境として最も顕著なものは日本海の中央を走るものであつて、南側の対馬暖流水系と北側のリマン寒流其の他の寒流水系との境界線である。本報告ではこの潮境を特に『日本海前線』と呼ぶ事にする。

日本海前線は春から夏にかけて対馬暖流水域の水温上昇と共に急激に発達し、夏から秋にかけて下層（50~200 m 層）の水温の水平勾配は著しく大きくなる。即ち前線の漂流物の集積状態は著しく多量となる。春から夏に日本海の南西域から北東へ移動を始める各種の魚群も、結局この前線へ集められ、之によつて運ばれるものが非常に多いわけであるが、前線の形は頗る複雑であり、各所に形成される渦流域に閉ぢ込められて遠くへ移動出来ない魚群が甚だ多いものと考えられるが、又一方には前線に沿うて 5 月~7 月頃津軽海峡西口から北海道の西近海へ来游する魚群も少なくない。津軽海峡は日本海水塊の最も多量の排水口であるから、当然日本海前線は海峡へ向つて接岸する。

従つて日本海前線を完全に調査する事は出来ないにしても、津軽海峡西口近傍に於いて、前線

周辺の流れ藻の調査を実行する事により、最も手軽に、一応は予備的な段階としてはあるが、サンマの産卵習性なり、産卵後の卵塊の孵化に至る迄の経過、其の他産卵に関する基礎的研究を進める事が出来る。

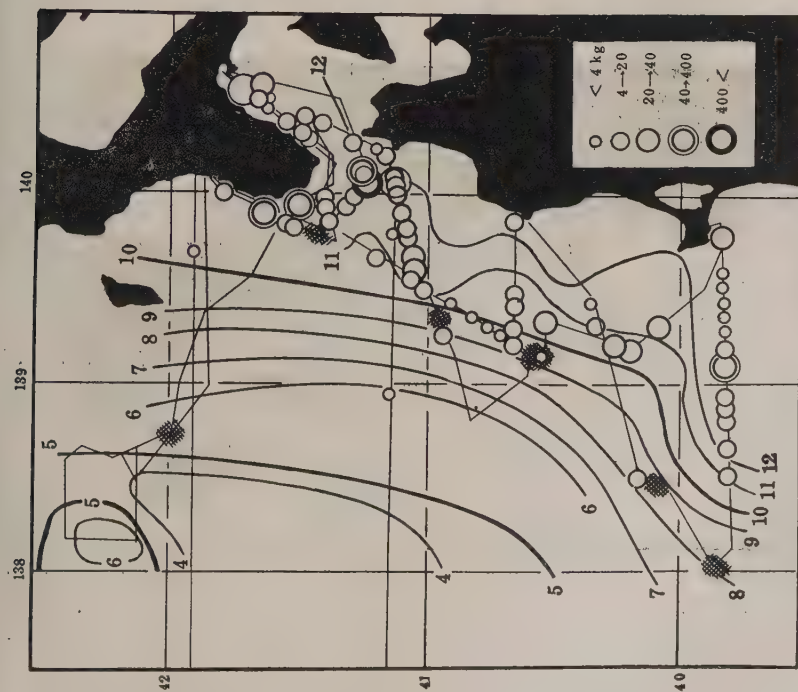
調 査 内 容

この調査は昭和31年6月及び32年5月末～7月初め、産卵サンマが津軽海峡西口周辺へ最も多く来遊する時期に行われた。調査方法は調査船により、昼間は主として流れ藻の発見に努力し、手鉤テカギ或はタモ網・稚魚網で採集を行い、夜間は漂流或はサンマ群の探索とその漁獲試験に従事した。

附着量の少ない場合にはその全部を、多い場合にはその一部分だけをホルマリンに漬けて持帰つたが、この標本の卵塊の量と藻に附いていた全卵塊の量との大体の比率を現場で確めて置いた。

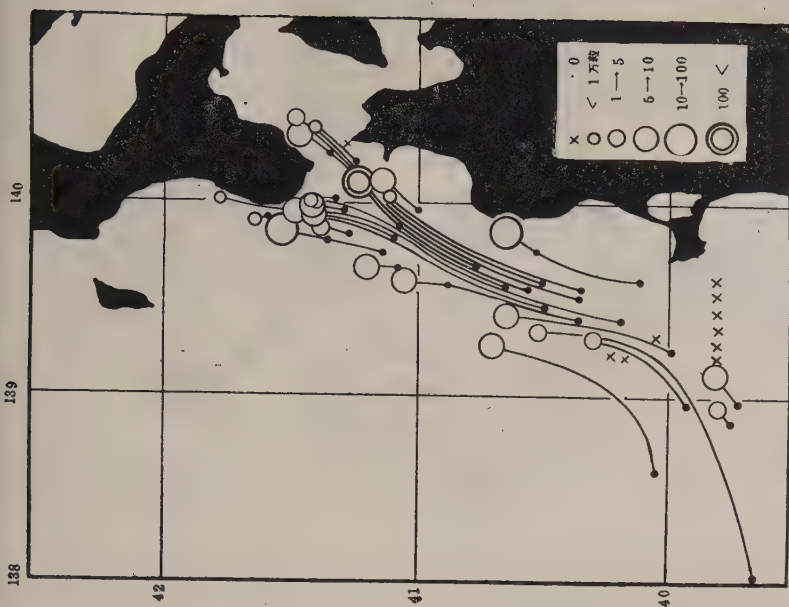
この年は第1旭丸(6月3日～11日), 北星丸(6月3日～17日), 探海丸(6月6日～8日)によつて調査された。その調査コースは第2図に示す通りである。又図中に航行中の観測記録その他同時期の他船の調査記録を併せて、当時の50m層の等温線分布を示してある。この50m層の等温線の分布から日本海前線の形を推定する。即ち50m層の9°Cの等温線を日本海前線

第 1 図 昭和 31 年 5 月 27 日 津軽海峡西口で投入された漂流
瓶の漂流状況 (第 1 管区海上保安本部実施)



第2図 昭和31年6月上旬 津軽海峡西口周辺水域に於ける流れ藻と50m層の等温線の分布

(説明) 図中の各種の丸印の記号は採集及び観察による流れ藻の重量の数量的表現である。

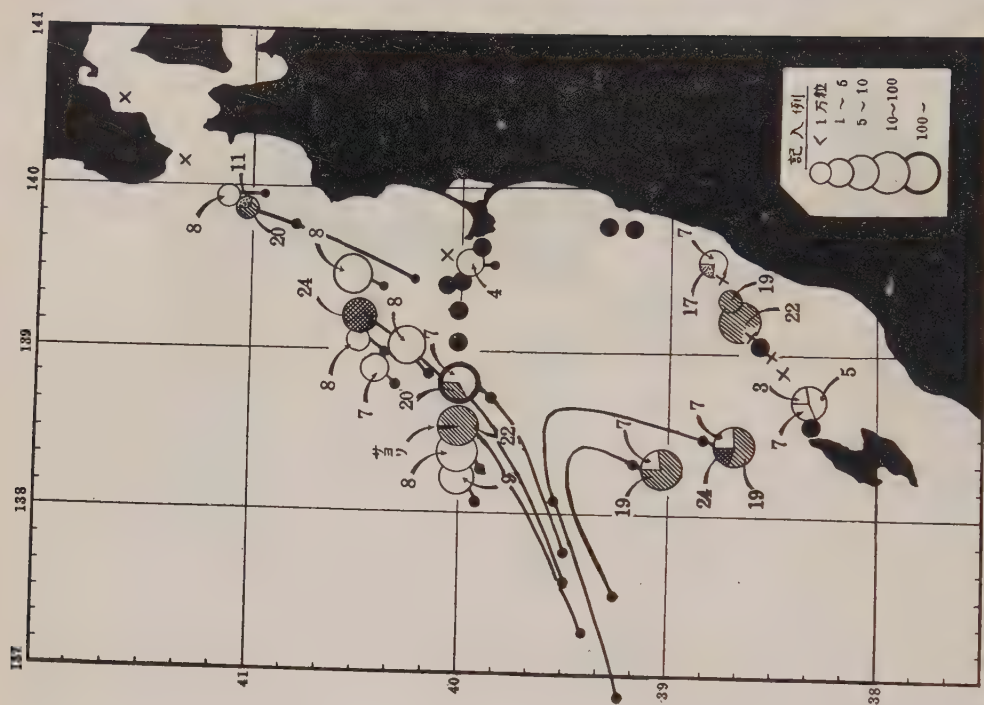


第3図 昭和31年6月上旬の調査水域に於けるサンマ卵採集量、推定産卵場並びに漂流経路

(説明) 白丸の大きさはサンマ卵の附着数を示し、それから南へ引かれた黒線上の黒丸は推定産卵場である。



第4図 昭和32年度第1期(5月28日~6月5日)津軽海峡
西口周辺水域に於ける流れ藻の分布と表面等温線
(説明は第2図と同じ)

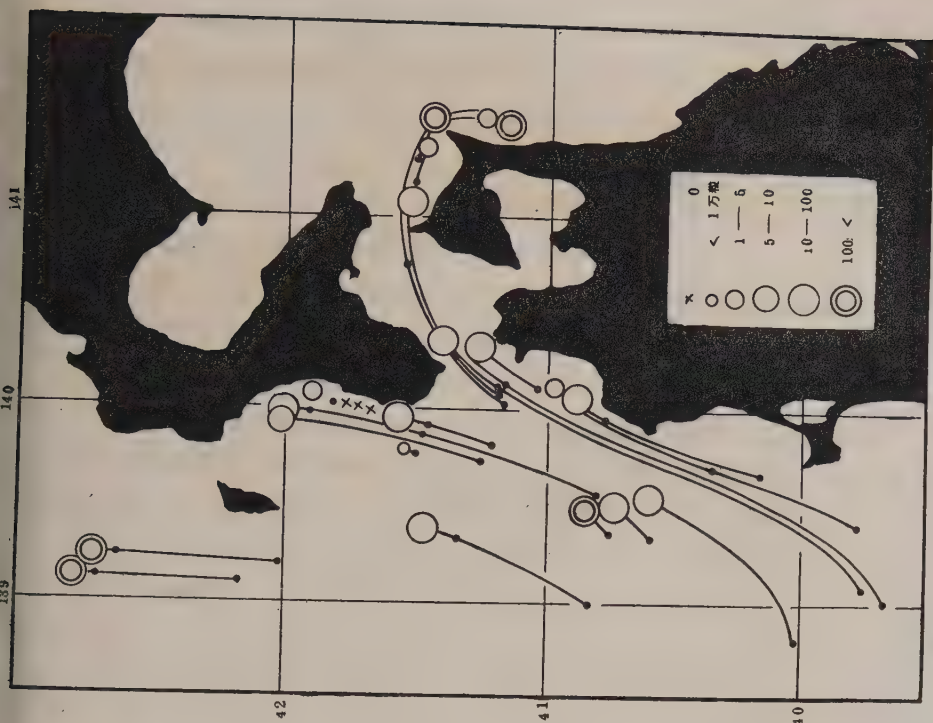


第5図 昭和32年度第1期(5月28日~6月5日)の調査水域に於けるサンマ卵採集量、推定産卵場及び漂流経路

(説明) ... はサヨリ卵 × はサンマ卵の附着していないもの
● 白丸の大きさはサンマ卵の附着数を示し、傍の数字は卵内発生



第 6 図 昭和 32 年度第 2 期 (6 月 22 日～7 月 5 日) 津軽海峡西
口周辺水域に於ける流れ藻の分布と表面等温線
(説明は第 2 図と同様)



第 7 図 昭和 32 年度第 2 期の調査水域に於けるサンマ
卵採集量, 推定産卵量及び漂流経路
(説明は第 3 図と同様)

の中軸にとるならば、この線は入道崎の西で距岸 65 哩から急に 40 哩に迄接岸し、更に北上。共に距岸距離を縮め、渡島半島南部では 25 哩あたりに迄接近している。そして 11°C の等温線が渡島半島南部に近接し、 12°C の等温線が津軽海峡の中へ入っている事から見て、日本海前線を流れる海水のかかなりの部分は津軽海峡へ流入していた事が推定される。

流れ藻の発見はその殆んど全部が 50 m 層の 9°C 以上の水温域であり、渡島半島の西側で江差の西 60 哩、50 m 層がおおよそ 5°C の水域でサンマの小群を見た例はあるが、之は珍しい例である。尚この場所の表面水温は 14.5°C であつて、日本海前線からはかなり離れた沖合冷水域でも、表面水温がサンマの適水温域であるならば、この様に魚群の分布を見る事もある。然るにこの水域はかなり広く調査したが、流れ藻は遂に発見する事が出来なかつた。

次に対馬暖流水系の海水が大部分津軽海峡へ流入していた事は流れ藻の採集点の分布でも明瞭であり、31 年・32 年の両年の流れ藻の採集物中の最大重量のもの (550 kg) が海峡西口で採集された事、海峡内にも流れ藻が多かつた事、又当時 (5 月 27 日) 第 1 管区海上保安本部が津軽海峡西口で投入した漂流瓶の拾上げられたものが全部海峡の両側及び太平洋へ抜け出たものばかりで北海道の西側を北上して拾われたものが全然無かつた事でも証明されている (第 1 図)。

この調査に於いて採集された流れ藻に全部サンマ卵が附着していたわけではない。今採集された流れ藻に産みつけられたサンマ卵の総数の分布 (サンマ卵採集量* の分布) を第 3 図に示す。之によると男鹿半島西の調査線上ではいたるところで小さな流れ藻を発見したが、サンマ卵の附着していたのは距岸 30 哩程度のところの 2 点丈けで、岸寄りのものには全然附着が見られなかつた。サンマ卵の多かつたのは津軽海峡西口であつて、550 kg の大きな流れ藻のサンマ卵数のおおよそ 136 万粒と推定された。

尚第 3 図に於いて、白丸の位置は流れ藻の発見位置、白丸の大きさは附着卵数の多少を示す。この白丸から南方へ引かれた黒線上の黒丸が卵の産みつけられたと推定される位置である。従って同一藻に時刻を隔てて 2 回以上産卵が行われたと考えられる場合には、黒線上に黒丸が 2 個以上存在する事になり、黒線の南端は必ず黒丸で終る事になる。この産卵位置を推定する為にはその当時のこの方面の海流が明かになつていなければならないが、本報告では当時の海洋調査記録を総合して流向を推定し、流速は日本海では 0.5 ノット、海峡内では 1 ノットとして産卵位置を推定した。

昭和 32 年度の調査記録

この年の流れ藻の採集状態は第 4 図 (第 1 期)・第 6 図 (第 2 期) に示されている。第 1 期に於いて千秋丸 (5 月 28 日～6 月 3 日) は調査区域を南方は佐渡附近に迄拡げたのであるが、山形・新潟県境の距岸 15 哩附近で 29 kg の大きな流れ藻 (第 1 期の最大重量のもの) を採集し、入道崎西 43 哩、艫作崎西 20 哩、権現崎西 13 哩でも 15～25 kg のものを採集したが、北星丸 (6 月 4 日・5 日) による津軽海峡の西側から海峡内の調査では、前年に反して流れ藻が甚だ少ない。

* ここで採集量とは標本の卵塊の量と全卵塊の量との比率によって引伸した総附着卵数を意味する (以下同様)。

第2期に於いて第1旭丸(6月22日～7月5日)の調査区域は鱈作崎方面から北方は43°Nに及んでいるが、北海道西側は前年と異つて流れ藻や漂流多く、42°40'～50°N, 139°5'～20'Eの水域で50～70 kgの大きな藻及びサンマ群が発見されている。又下北半島の尻屋崎附近でも85 kg(第2期の最大重量のもの)の他38～50 kgの大きなものがあつた。

この年は流れ藻調査船が下層水温を観測していないので、第4図・第6図には50 m層水温の分布の記載を省略し、表面等温線の分布の概略を記入して之に代えたが、6月上旬の50 m層水温分布は、日本海区水研・北海道区水研の発表のものを綜合して第8図に掲げて置いた。

之によると、50 m層の5°～10°Cの水温域(日本海前線の流軸と見る)は、136°～138°Eでは39°30'Nから40°Nあたりに東西に位置し、138°Eから北東に向い、41°N, 139°Eあたりで等温線の間隔は急に拡がり、暖水域側に右旋りの渦流域を形成している様にも見えるが、前線の

中心は北北東へ延び、奥尻島南部で収斂する顕著となり、この顕著な潮境はその盡北へ延びている。但し6月下旬になると、日本海前線は136°～138°E方面の東流していた部分が幾分変化し、(38°15'N, 137°E)―(39°N, 138°E)―(40°N, 138°30'E)という様な流向をとつた様である(図省略)。

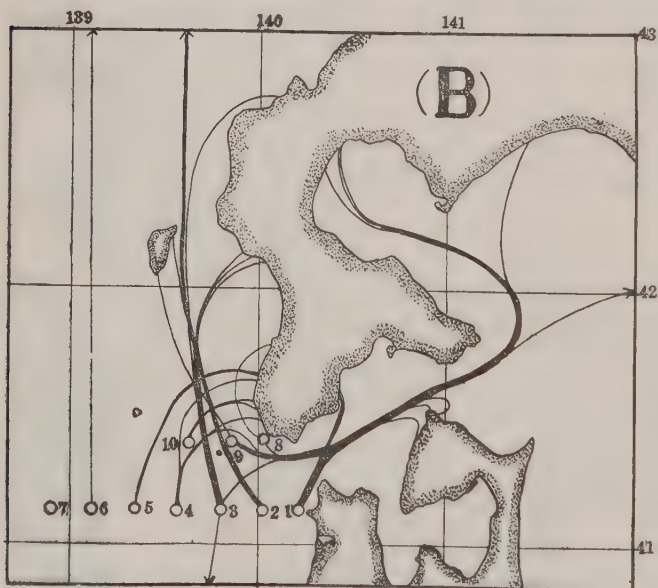
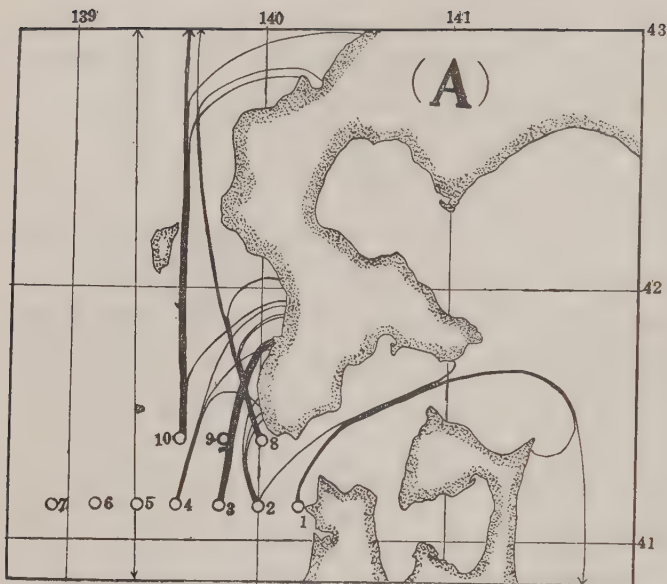
サンマ群の発見は殆んど全部この日本海前線の流域又はその周辺(暖水域)であり、流れ藻は流軸から本土迄の暖水域の広い区域で見られた。

第1管区海上保安本部の漂流瓶の投入は6月上旬に行われていないが、5月10日と6月27日投入のものがある。之によると、5月10日のもの〔第9図(A)〕は海峡内へ流入した瓶が甚だ少なく、権現崎附近で投入

されたもの(投入点番号第1, 第2)丈けが流入し、他の点の内第2, 第3, 第4, 第5, 第8, 第9,



第8図 昭和32年6月上旬の50 m層等温線
(日本海区水研・北海道区水研発表のものを綜合)



第 9 図 昭和 32 年津軽海峡西口で投入された漂流瓶の漂着状況

(第 1 管区海上保安本部実施)

(A) 5 月 10 日投入のもの

(B) 6 月 27 日投入のもの

(説明は第 1 図と同様)

第 10 の 7 点のものは北へ漂し(第 2 点は海峡内と日本海上と両方)、最も沖合の第 6、第 7 点のものは日本海の沖へ速くへ流れたと見えて、何れからも拾上が報告されていない。6 月 27 日投入のもの〔第 9 図 (B)〕では、海峡内へ投入した瓶が幾分多いが、之等の瓶は孰も岸寄りの第 1、第 9、第 10 点で投入されたのであり、第 4、第 5、第 6、第 8 点のものは 1 本も海峡に入らず、北へ流れ、第 7 点のものは前回同様 1 本も拾われていない。

結局この拾上点の分布から見て、この年は前年よりも日本海を北上する対馬暖流水が多く、海峡へ流入したものに特に接岸した部分(海峡西口は距岸 10 哩程度の水帯のもの)であつた。

この年のサンマ卵の採集状況は第 5 図(第 1 期)及び第 6 図(第 2 期)に示す通りである。本図も第 3 図と同様に、白丸が藻を採集した位置で、丸の大きさが卵の附着量の多少を示し、黒丸が産卵されたと決定される位置、白丸と黒丸を結ぶ黒線が産卵後の漂流経路を示す事になる。

尚この漂流経路は 6 月上旬の 50 m 層水温分布(第 8 図)及び 6 月下旬の 10 m 層水温分布(図省略)から推定されたものである。

第 1 期に於いては、 40°N , $138^{\circ}50'\text{E}$ (入道崎西 40 哩)で最大量(109 万粒)が採集され、この附近ではどの藻にも、藻の大小に拘らず多量の卵が附着していた。そして之等の卵の多く採集

た場所は皆日本海前線の流軸上である。佐渡の弾崎の北 25 湊及び 40 湊で採集された海藻は、場合小さいものであつたが、サンマ卵は 23 万粒及び 18 万粒であり、この海藻は第 8 図から推定すると、日本海前線から分れ、右旋りの渦流によつて南方へ移動したものと考えられる。

佐渡弾崎から新潟・山形県境の調査線上、入道崎の西 30 湊以内の近海水域及び秋田県近海等から採集された流れ藻の中で、サンマ卵の附着していたものは 5 点、サヨリの卵の附いていたものは 8 点、卵の全く附いていないものが 4 点であつて、この近海水域はサンマの産卵水域としては重要なところでない事が判る。

第 2 期採集の藻では、 $42^{\circ}40' \sim 50^{\circ}N$, $139^{\circ}E$ 方面 (奥尻島以北) のものに 780 万粒, 320 万粒という大量の卵が附着しており、又太平洋側でも 尻屋崎周辺のものに 980 万粒, 470 万粒という大量卵塊が発見された。

第 1 期に比べると第 2 期の卵の採集量は著しく多い。之は産卵の盛期が 6 月中旬・下旬であつた事を示すものであろう。又第 1 期では卵の多く採集された水域が調査区域の北限の入道崎西沖合であり、第 2 期の調査でも奥尻島北側なり、尻屋崎附近に 100~1,000 万粒程度の大量卵塊が

第 1 表 サンマ発生基準表

(水温 $17^{\circ} \pm 2^{\circ}C$)

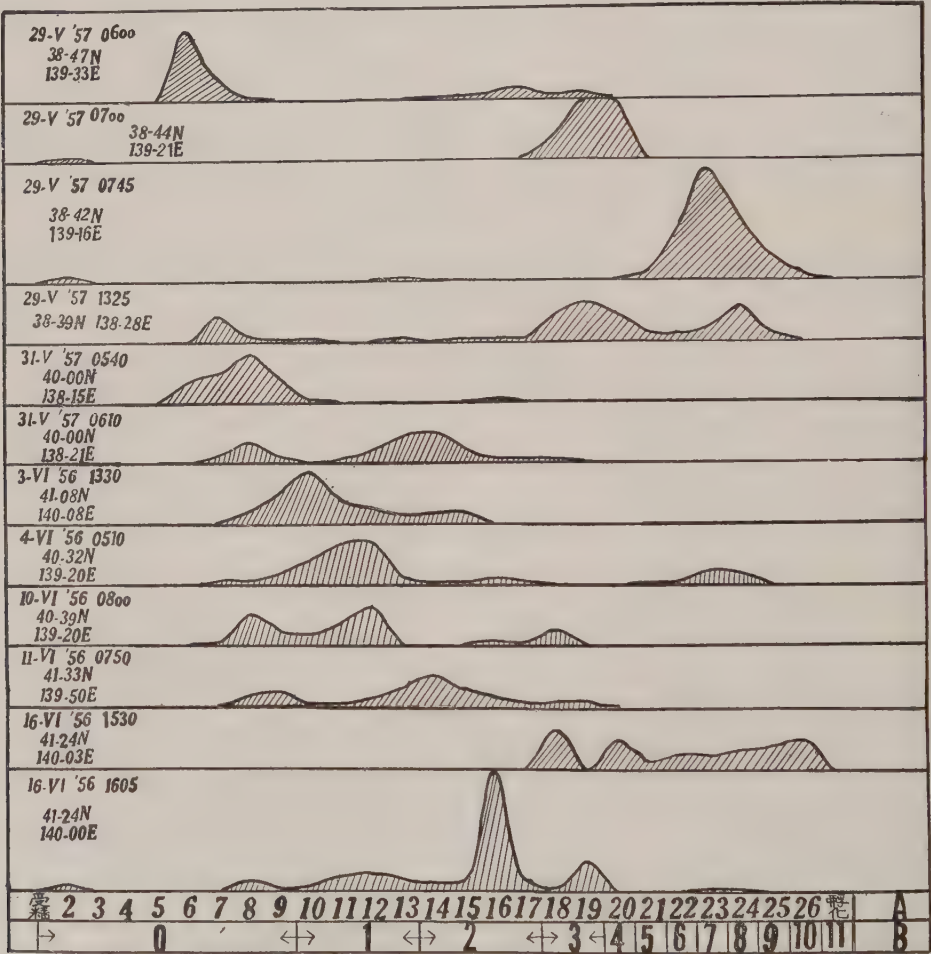
Stage No.	経過時間	発 生 経 過
1	h m 0-00	受 精
2	0-30	原形質動物極へ集積
3	1-00	2細胞期
4	2-00	4細胞期
5	3-20	8細胞期
6	5-00	16細胞期
7	6-20	桑実期
8	15-00	胞胚期
9	22-00	初期囊胚期
10	1D 2-00	被覆 1/5, 胚環明瞭
11	5-00	被覆 1/4, 胚楯明瞭
12	14-00	被覆略 1/2, 胚体の中央に筋節 3~4 節, 神経溝見える
13	22-00	被覆 3/4, 筋節 6 節, クツベル氏胞明瞭
14	2D 1-00	被覆 4/5, 筋節 8~10 節, 頭部丸味を帯び区別容易
15	4-00	原口閉鎖近い, 筋節 12~13 節, 眼胞の直前に鼻窩の原基見える
16	13-00	原口閉鎖, 筋節 22 節
17	21-00	筋節 30 節前後
18	3D 4-00	筋節 35 節
19	14-00	胚体は卵内周の約 3/4, 筋節 節前後
20	4D 8-00	尾部を廻つて薄鰭見える
21	5D 8-00	胚体の尾端は頭部に近い, 耳胞が眼胞と胸鰭の間に見える
22	6D 8-00	胚体は卵内を一巡し尾端は頭部に達する, 胚体と卵黄囊には点状色素出現
23	7D 8-00	胚体は卵内を一周以上となり, 尾部は頭部の略中央に達する, 卵黄囊上の黒色色素胞は樹枝状
24	8D 8-00	胚体は卵内周の約 $1\frac{1}{4}$, 筋節 47~50 節, 色素胞は増加し樹枝状
25	9D 8-00	卵黄は極めて小さい, 口器が発達
26	10D 8-00	胚体は卵内周の約 $1\frac{1}{2}$
27	11D 8-00	孵化

採集され、之等の産卵場所が大体津軽海峡西口方面と推定される事から見て、日本海サンマとしては津軽海峡西口の産卵場は頗る重大な意味をもつものである。

産卵生態に就いての考察

産卵場

流れ藻に附いているサンマ卵が藻に産みつけられてからどれ位の日数を経過したかは、その卵内発生過程*を観察する事によつて推定出来る。即ち遊佐(1954)のサンマ発生基準表による第1表の様に発生段階を区分し、夫々の段階別出現頻度を調査した。第10図は各採集別



第10図 卵内発生段階別出現分布図

(説明) 最下段2列の数字は上側(A)が発生段階の階級、下側(B)が経過日数であり、図の左側に各図毎に記載されている数字は採集の年・月・日・時刻・緯度・経度である。

* この附着卵の中には明らかに白濁した死卵或は卵膜だけ残っているもの(採集時のショックで孵出するとはよくみられる)があつたが、それ等は極く僅かで大部分は活卵である。又異常卵として除外したものにも卵内発生はかなり進んでいるが極端に収縮したもののがかなりあつた。どの様な原因によるものか判らない。或いはホルマリンの影響かも知れない。

第 2 表 (A) 昭和 31 年度サンマ卵採集量とその発生段階別卵数

月 日	時 刻	位 置	附着総卵数	発生段階	卵 数	備 考
Ⅵ 3	時 分 09 00	41°-24'N 140 -25 E	粒 2,000	22	粒 2,000	
"	13 30	41 -08 140 -08	12,000	10	12,000	
"	14 05	41 -07 140 -04	40	19	40	
"	17 40	41 -02 139 -37	45,000	{ 8 18	42,000 3,000	
4	05 10	40 -32 139 -20	16,000	{ 12 23	14,000 2,000	
"	07 35	40 -17 139 -14	7,000	{ 9 16	1,000 6,000	
8	12 00	39 -47 139 -07	12,000	{ 2 8	3,000 9,000	
"	13 10	39 -47 138 -58	3,000	7	3,000	
9	14 45	41 -30 140 -25	13,000	{ 8 18	12,000 1,000	
10	06 20	深浦 2.5'	233,000	{ 3 8 17	23,000 161,000 49,000	
"	08 00	40 -39 139 -20	8,000	{ 8 12 18	3,000 3,000 2,000	
"	09 00	40 -43 139 -12	13,000	20	13,000	
"	14 05	41 -12 139 -41	8,000	8	8,000	
11	05 50	41 -48 140 -03	2,000	{ 11 18	1,700 300	
"	06 45	41 -39 139 -57	900	8	900	
"	07 50	41 -33 139 -50	74,000	{ 9 14	17,000 57,000	
"	09 50	小島 ESE 3'	67,000	{ 14 22	5,000 13,000	
"	12 05	権現崎 NW 1/2N 9'	1,360,000	{ 11 20	993,000 367,000	
16	15 30	41 -24 140 -03	4,000	{ 18 26	3,000 1,000	
"	15 55	41 -24 140 -00	920	{ 11 20 24	560 340 20	
"	16 00	41 -24 140 -00	10,000	{ 12 16	3,000 7,000	
"	"	"	4,000	18	4,000	
"	6 05	41 -23 140 -00	3,000	{ 12 18	400 2,600	
"	"	"	8,000	16	8,000	
"	16 30	41 -23 139 -58	26,000	{ 8 14 22	8,000 17,000 1,000	

第 2 表 (B) 昭和 32 年度サンマ卵採集量とその発生段階別卵数

月 日	時 刻	位 置	附 着 総 数 数	発 生 段 階	卵 数	備 考
V 28	時 分 11 30	39°-15'N 139 -48 E	粒 26,000			サヨリ
"	12 30	39 -11 139 -47	9,000			サヨリ
29	06 00	38 -47 139 -33	49,000	{ 7 17	38,000 11,000	
"	07 00	38 -45 139 -21	2,000	19	2,000	
"	07 45	38 -42 139 -16	20,000	22	20,000	
"	"	"	893,000	22	893,000	
"	09 25	38 -36 139 -06	99,000			サヨリ
"	13 25	38 -39 138 -28	228,000	{ 7 19 24	56,000 127,000 45,000	
"	13 40	38 -20 138 -44	80,000	{ 3 5 7	1,000 79,000	
"	16 40	39 -01 138 -20	182,000	{ 7 19	42,000 140,000	
30	10 20	38 -18 138 -35	2,000			サヨリ
31	05 20	40 -00 138 -12	79,000	9	79,000	
"	05 40	40 -00 138 -15	128,000	8	128,000	
"	06 10	40 -00 138 -21	26,000	{ 8 14	5,000 19,000	サヨリ 2,000
"	08 08	40 -00 138 -31	295,000	22	285,000	サヨリ 10,000
"	10 30	40 -00 138 -45	1092,000	{ 7 20	1,057,000 35,000	
"	12 55	40 -00 139 -03	56,000			サヨリ
"	15 40	40 -00 139 -22	16,000			サヨリ
"	17 25	40 -00 139 -30	345,000			サヨリ
VI 1	14 40	39 -59 139 -30	45,000			サヨリ
"	16 00	40 -04 139 -22	10,000			サヨリ
"	18 45	40 -00 139 -17	8,000	8	8,000	
2	00 00	40 -23 138 -55	20,000	{ 4 7	2,000 18,000	
"	06 10	40 -29 139 -04	171,000	8	171,000	
"	07 10	40 -30 139 -13	60,000	{ 3 5 7	13,000 25,000 22,000	
4	09 00	41 -10 139 -55	7,000	8	7,000	
"	10 00	41 -05 139 -50	4,000	{ 11 20	1,000 3,000	
25	09 20	白神崎 E 1/2 S 5'	115,000	{ 8 24	77,000 38,000	

第 2 表 (B) (つづき)

月 日	時 刻	位 置	附着総卵数	発生段階	卵 数	備 考
25	時 分 10 10	竜飛崎 N 2.5'	粒 43,000	{ 7 24	35,000 8,000	
"	10 35	竜飛崎 N 25'	812,000	9	812,000	
"	14 33	40 -59 140 -06	33,000	{ 7 19 23	10,000 14,000 9,000	
"	15 30	40 -54 140 -02	675,000	{ 8 20	397,000 278,000	
26	05 25	40 -42 139 -29	128,000	9	128,000	
"	09 25	久六島 NW/W 2'	200,000	19	200,000	
"	11 35	40 -51 139 -26	2,066,000	8	2,066,000	
VII 1	05 10	江差沖	25,000	8	25,000	
"	06 25	42 -01 139 -55	163,000	{ 4 8 17 23	10,000 70,000 60,000 23,000	
"	06 38	42 -01 139 -55	98,000	{ 7 20	54,000 44,000	
"	14 20	42 -43 139 -13	3,188,000	{ 7 19	2,992,000 196,000	
"	15 05	42 -48 139 -08	7,800,000	{ 7 19	4,750,000 3,050,000	
2	08 00	41 -27 139 -23	112,000	{ 8 19	62,000 50,000	
"	10 40	41 -32 139 -46	10,000	7	10,000	
5	06 30	41 -34 139 -56	220,000	{ 8 14	186,000 34,000	
"	14 50	41 -28 141 -22	23,000	8	23,000	
"	15 10	41 -28 141 -26	9,823,000	2	9,823,000	
"	16 55	41 -16 141 -30	37,000	{ 8 20	27,000 10,000	
"	17 05	41 -13 141 -30	4,732,000	{ 8 20	2,000,000 2,732,000	

夫々の流れ藻に附着していたサンマ卵発生段階別出現頻度曲線の数例である。即ち同図に示されている様に、1塊の流れ藻に附いている卵の発生段階は単峯型・双峯型或は多峯型があり、夫々の峯の位置の相違は産卵後の経過時間の相違を示すものである。従つて同一流れ藻が数回に亘つて産卵の基礎になつている事は明かである。第 2 表には各流れ藻採集時に得られたサンマ卵の総数と之を発生段階別に分けた卵数を掲げてある。第 3 図 (昭和 31 年度)、第 5 図 (昭和 32 年度第 1 期)、第 7 図 (昭和 32 年度第 2 期)には第 2 表 (B) の発生段階の査定により、夫々の卵塊の産卵後の経過時間を計算し、当時の海流つ方向から産卵された推定位置を黒丸で記載した。第 3 図・第 7 図に於いて黒丸 (産卵位置) が津軽海峡河口に非常に多く、産卵地としてこの区域が重要な意味をもつ事は既に述べたところである。

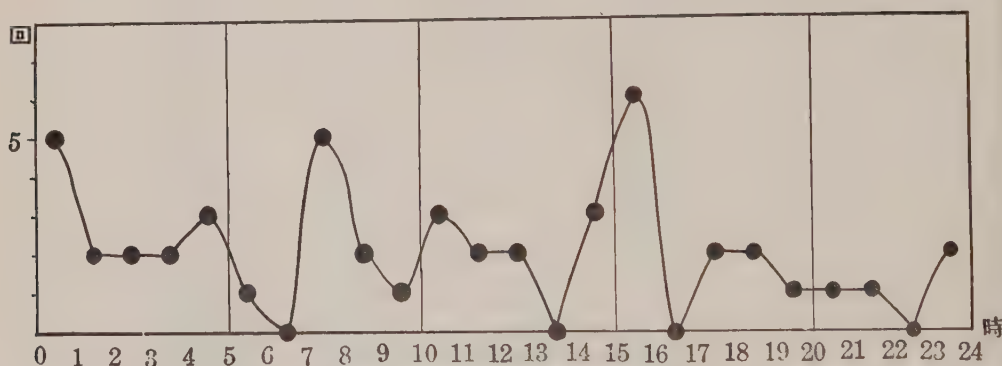
又サンマの産卵が主として日本海前線の流軸とその暖流側周辺に多く、本土寄りの近海水域に

は少なく、特に 32 年 6 月上旬には本土寄り南方の比較的高温水域では、サンマよりサヨリの卵が多かった事も既に説明されている。

産卵時刻

従来行われて来たサンマ手摺み漁法は、サンマが産卵しようとして漂流物へ集まつて来たところを漁獲するものであるから、サンマの産卵行動が 1 日の内でも時刻によつて活潑であつたり、衰弱したりするものならば、当然手摺み漁法にも好適時刻が存在する筈である。笠原・大御(1952)によると、佐渡地方の手摺み漁法は午前 1 時頃から夜明け迄行われ、北海道では昼間に行われるが、朝と夕方の漁が良いと云う。又出崎(1954)によると、佐渡の手摺みは午前 10 時頃から午後 2 時頃迄は殆んど漁が無く、日出・日没直前が最も良いと云う事である。

然し今回採集したサンマ卵の発生段階を査定して、それから 1 日の内のサンマ産卵最盛時刻を決定する事も出来る。本報告では発生段階が 10 以下のもの、即ち受精後 24 時間以内のものに就いて、採集時刻と発生過程から卵の産出された時刻を推定した。今回の採集卵は 1 日中殆んどどの時刻にも産出されていた様であるが、特に多く産出された時刻は 0~1 時、7~8 時、15~16 時であつて(第 11 図)、他の時刻の出現回数が 0~3 回であるのに、上記の時刻では 5 回又は 6 回が記録されている。但し産卵最盛時刻の問題は、更に調査・採集を数多く繰返えして吟味する必要がある。



第 11 図 サンマの主産卵時刻

産卵対象物

今回の調査で採集された流れ藻*は殆んど全部がホンダワラ類であり、その中一番多かったのがアカモク (*Sargassum horneri*) で、オオバモク (*S. ringyoldianum*)、マメダワラ (*S. piluliferum*)、ジョロモク (*Cystophyllum sisymbrioides*)、フシスジモク (*S. confusum*) 等も若干採集されている。

之等に附着しているサンマ卵の分布状態は決して様でなく、藻の茎がねぢれてロープ状に太くなっている所に多数の卵が附いており、藻の端の部分には殆んど附着していなかつた(第 12 図)。昭和 32 年 6 月 26 日青森県の西沖合にある久六島附近で採集された 38 kg の藻には、その中へ潜り込んで死んでいた親サンマが有つた。又古い話では、27 年 6 月 7 日、日本海大和

* 流れ藻の同定には東北水研黒木・秋山両技官を煩わした。厚く感謝する。

に漂流していた浮標（長さ 120 cm, 直径 27 cm の鉄製魚雷型）に葡萄の房状に垂下したサンマ卵塊とその浮標に結んであつた藻繩^{ワラナフ}に罹つた親サンマの死体が採集された*。又静岡県駿河湾の北東部に在る重寺地先の定置網の張り綱に身をこすりながら産卵しているサンマに就いて漁夫から屢々その状態を説明された事が有る。之等の知見に基き、サンマの産卵行動は長さ 30 cm の小さな魚体にとっては頗る精力を消耗する重大な労働であると思われる。



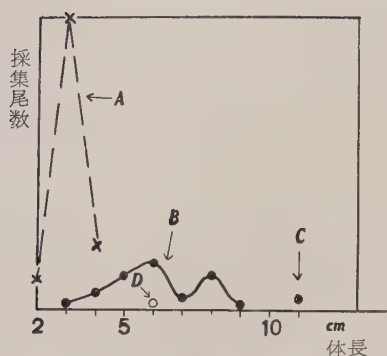
第 12 図 流れ藻のサンマ卵附着状況

流れ藻の中で生活する各種魚類の幼魚

流れ藻が各種魚類の稚魚・幼魚の生活の場になつている事は今更云う迄も無いが、本調査で流れ藻と一緒に採集された幼魚は僅か 4 種であつた。即ちエゾメバル (*Sebastes taczanowskii*)、クジメ (*Agrammus agrammus*)、シマガツオ (*Lepidotus brama*)、ギンボ (*Enedrias nebulosus*) に過ぎなかつた。この様に種類が少なく、且つ採集尾数も少なかつたのは採集方法が悪かつた為である。即ち流れ藻をタモ網で掬い取つたのであるから、その下に泳いでいる稚魚・幼魚を完全に掬い取る事は困難であつた。

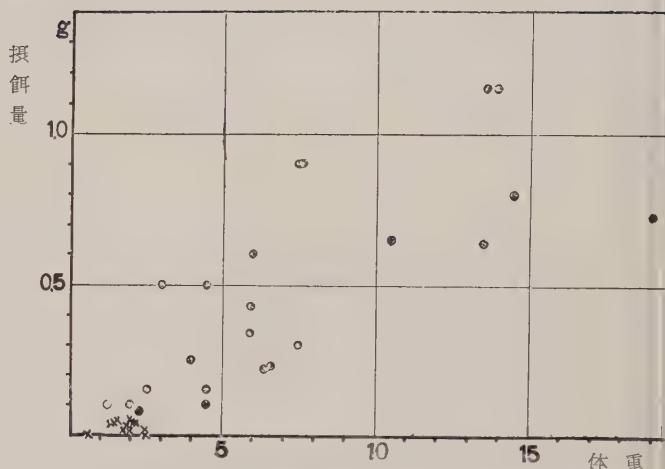
上記 4 種の幼魚の内エゾメバルが圧倒的に多く、シマガツオ・ギンボは数尾に過ぎなかつた。之等の体長組成は第 13 図に示す様に、エゾメバルは 3 cm 台、クジメは 6 cm 台のものが多く、両者の各個体の摂餌量は第 14 図に示されている様に、クジメでは体重の約 10 % を摂餌し、その胃盲嚢部は膨れ、胃壁は甚だ薄くなつていたものも多かつた。エゾメバルは魚体も甚だ小さかつた関係もあるが、大部分体重の 0.2 % 程度の摂餌量であつた。此の両種の餌の内容は、クジメは主にサンマ卵を摂つており、之に *Metopa hearni*, *Idomens forficata*, *Caprella* sp., *Dithona* sp. を混食している。エゾメバルは主として *Paraclanus parvus* で、之に *Eucadne*

* 石川県水産試験場 白山丸船長田畑喜六技師から聞いた話。



第 13 図 流れ藻と同時に採集された魚類の体長組成

A——エゾメバル
B——クジメ
C——シマガツオ
D——ギンボ



第 14 図 流れ藻と同時に採集された魚類の体重と摂餌量の関係

● クジメ × エゾメバル

nordmanni, *Euphausia*; Amphipoda の幼体、*Centropages abdominalis*, *Oncaea* sp. を混食していたが、唯 1 尾 3.9 cm. 2.1 g のものには胃の中にサンマ卵が見られた。従つて採集されたエゾメバルは体が小さい為、サンマ卵を摂る迄には至らなかったと考えられる。

シマガツオとギンボは採集尾数が少なく、その食性を明かにする事は出来なかつた。

次にこの両年各方面で採集されたサンマ卵の発生段階を吟味すると、産卵後 24 時間のもの(階級 10 以下)が甚だ多く、産卵後の日数の多いもの程急に減少する。孵化日数を 11 日とすれば、採集時に既に孵化日数の半分以上を経過したもの、即ち 5 日以上(階級 21 以上)のものが甚だ少いという事は、之等藻の中で生活する幼魚類の食餌としての減少を考える必要がある。

摘 要

流れ藻に産みつけられたサンマ卵を研究する為、昭和 31 年・32 年の両年日本海北部へ調査船を出して流れ藻の採集を行つた。調査区域は南は佐渡から北は北海道の奥尻島の北側迄、津軽海峡及び太平洋側の下北半島近海も、調査船の調査区域の往復路の部分に就いては採集が行われた。

流れ藻は日本海前線上に多いが、この前線から本土迄の対馬暖流水域全体に見られた。然しサンマ群は大部分日本海前線附近で発見され、サンマ卵の多く産みつけられた流れ藻も亦日本海前線上に多かつた。津軽海峡西側は日本海前線の本土へ最も接岸する場所であるから、当然この区域にはサンマ群も流れ藻も多く集合する事になるが、各方面で採集されたサンマ卵の発生段階から推定しても、之等採集卵の大部分は津軽海峡西側水域で産卵されたものである事が判つた。

此の津軽海峡の西側で産みつけられた流れ藻は年によつて大量のものが海峡を通つて太平洋側へ流出し、又年によつてはあまり流出しない年もある。之はその年の海洋状態によつて、日本海前線の海峡方面への接岸状態が異なるからである。

尚 32 年の調査ではサンマの産卵盛期は 6 月中旬・下旬であつた。

サンマの産卵時刻は 1 日中昼夜を問わず行われる様であるが、流れ藻に附いた卵の発生段階を観察して、夜明け前と正午と日没後が幾分少ない様に見受けられた。

日本海の流れ藻はホンダワラ類が殆んどその全部であり、特にアカモク (*Sargassum horneri*) が多かつた。この流れ藻の中には各種魚類の稚魚・幼魚が多く生活しているが、今回の流れ藻の採集では、之等の稚魚・幼魚を定量的に採捕するには至らなかつた。然し採集された稚魚・幼魚の中ではクジメとエゾメバルが多く、クジメは体重の約 10 % の餌を摂っていたが、その殆んど全部がサンマの卵であつた。この事は藻に産みつけられたサンマ卵の減耗と云う問題を新に提起したものである。

参 考 文 献

- 稲葉伝三郎 (1931) : 陸奥湾におけるサヨリの繁殖。養殖会誌 1 (1)
山本護太郎・西岡丑三 (1947) : サヨリ幼生の飼育について 生物 2 (5)
遊佐多津雄 (1954) : サンマの正常発生に関する調査 北水研資源調査要報 (12)
——— (1958) : サンマとサヨリの魚卵と稚魚の主な相違点について 北水試月報 15 (6)
第 1 管区海上保安本部 (1957) : 海流瓶による津軽海峡の海流調査報告書 (海洋概報号外)
出崎 勇 (1954) : 佐渡におけるサンマ手摺み漁業 水産時報 1954 (6)
笠原 昊・大鶴典生 (1952) : 綜説サンマの研究 漁業科学叢書 (3)

BIOLOGICAL COMPARISON BETWEEN THE PACIFIC TUNAS*

PART I

By

Tsuyoshi KAWASAKI

ABSTRACT

In waters adjacent to Japan four species of tunas, albacore and the young of bluefin, bigeye and yellowfin, are taken by the "skipjack-bait-boats". The author examined the data concerning the live-bait fishery and analyzed the difference between the four tunas.

Bluefin distribute in the low-salinity area located in the coastal side of the stream axis of the Kuroshio Current. Albacore and bigeye migrate in the warm and haline water mass situated in the outer side of the warm core and yellowfin swim mainly around islands and reefs. Thus, they separate their habitats from one another geographically.

With the schooling pattern albacore assume in particular the birds-school pattern, bigeye mainly drifter-school or shark-school patterns, and yellowfin resident school or drifter-school patterns. Albacore and bigeye, overlapped in their distributions, segregate themselves by the schooling pattern and so in the case of bigeye and yellowfin. These differences in ecology are partially related to the growth patterns of each species.

CONTENTS

1. Introduction
2. Distribution
3. Schooling habits
4. Size composition
5. Age and growth
6. Discussion

Acknowledgements

References

1. Introduction

There are a number of papers which deal with the comparative ecology of fishes, but only a few have been published in which fishes are compared with one another in the taxonomic system and the correspondence of the taxonomic position with the ecology

* Contribution from the Tōhoku Regional Fisheries Research Laboratory No.122.

of fish is studied. Further, these studies have been done mainly in the fresh water (for instance, salmonids by HOAR¹⁾; darters by WINN²⁾). Studies in this aspect are important from the view-point of evolution theory as well as ecology.

In this report the present author intends to compare the ecological conditions of the scombroid fishes, the living territories of which are seemingly overlapped seriously, especially tunas (*Thunninae* and *Katsuwoninae*), to study the interspecific connections of them, dealing with the relationships between the ecology and morphology, particularly the meaning of the ecological differences between the closely related fishes. In this study the author did not take such a experimental method in laboratory as so far conducted but used the data of the catch which was acquired as a result of fishing executed in the life ranges of fishes.

As regards the relationships of the scombroid fishes, KISHINOUE³⁾ studied them anatomically in detail. Subsequently GODSIL & BYERS⁴⁾ and FRASER-BRUNNER⁵⁾ promoted the study in this domain. Recently MATSUBARA⁶⁾ did a provisional classification summarizing the investigations mentioned above. In this paper the discussion will be made basing on the MATSUBARA's classification.

E. P. ODUM⁷⁾ states :

"Oftentimes a good way to determine which factors are limiting to organisms is to study their distribution and behavior at the edges of their ranges. In such marginal situations one or more environmental factors may undergo sudden or drastic changes, thus setting up a natural experiment which is often superior to a laboratory experiment." He emphasizes the importance of the behavior study at the marginal situations. Seas adjacent to Japan are such a critical area for tunas oceanographically as ODUM⁷⁾ points out and the area favorable for us to investigate the factors controlling behavior of species and interspecies ecological relations. Data used have been acquired from interviewing with the captains of skipjack bait-boats and from the size measurement at fish

Table 1. Classification of Thunninae and Katsuwoninae.
(After MATSUBARA)

Thunninae	Thunnus	{	T. thynnus (LINNÉ) (Bluefin tuna)
			T. alalunga (BONNATFRRE) (Albacore)
	Parathunnus		P. obesus (LOWE) (Bigeye tuna)
	Neothunnus	{	N. albacora (LOWE) (Yellowfin tuna)
			N. tonggol (BLEEKER)
Katsuwoninae	Sarda		S. orientalis (TEMMINCK et SCHLEGEL) (Oriental bonito)
	Gymnosarda		G. unicolor (RÜPPELL)
	Euthynnus	{	E. affinis affinis (CANTOR) (Little tunny)
			E. affinis yaito (KISHINOUE) (Black skipjack)
	Katsuwonus		K. pelamis (LINNÉ) (Skipjack)

markets of Kesenuma, Onagawa, Ishinomaki, Shiogama, Shimidzu, Yaizu and Makurazaki. The data are considerably abundant and fairly responsible for analysis.

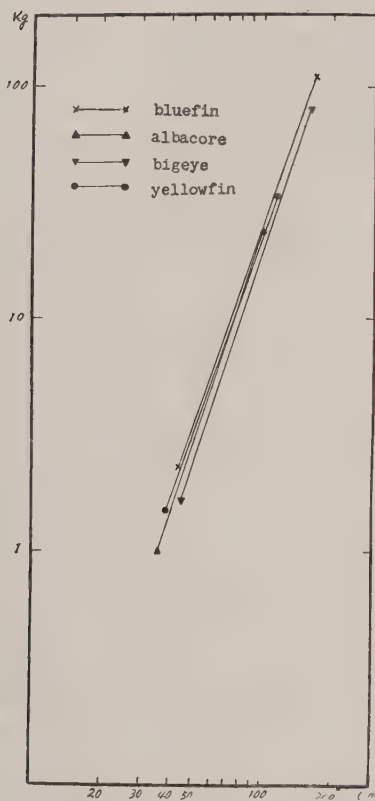


Figure 1. Length-weight relations of four tunas.

each other undistinguishably. The author is to speak about how these fishes, closely related, similar in body form, equivalent in life form and, generally speaking, warm-water type and overlapped in the living space, divide their life space.

2. Distribution

2.1 Bluefin tuna (young, called "kuromeji" in Japan)

The bluefin tuna is taken in the areas from Idzu Is. to Cape Kinkasan and south to west around Kyūshū by bait-boats and purse-seiners (See figure 2). The catch localities of the bluefin in the Tōhoku Area in 1955 and 1956 are shown in figures 3 and 4. The young bluefin are taken mainly as the first supply from the tuna seine fishery in the Tōhoku Area (partially taken by bait-boats) in May and June and, as indicated in figure 5, the duration of fishing being very short, followed immediately after by the so-called "medium" and "large" tuna, and then the young fish disperse out of the fishing ground. In figure 5 the daily yield of young bluefin is shown. This figure shows that the majority

Skipjack live-bait fishery mainly aims at skipjack and albacore but all the other species of the so-called "tunas" are often caught simultaneously. These tunas, which are similar in size to each other (under ca 90 cm), are the objects of fishing. The fact that the fish of comparable size (equivalent in life form) are caught by the same fishery provides a favorable condition for the ecological comparison. As a result of limiting of the objects to the catches by live-bait fishery, comparatively young age-groups of the bluefin tuna, yellowfin tuna and bigeye tuna were studied. Thus in the following pages the author does not employ the word "young" or "juvenile" as a rule.

In table 1, the classification of the *Thunninae* and the *Katsuwoninae* by MATSUBARA* is shown. In Part 1 the author deals with the ecology of the four species of *Thunninae**, bluefin tuna, albacore, yellowfin tuna and bigeye tuna. *Neothunnus tonggol* and *Sarda orientalis* were taken no account because of the scarceness of data.

In figure 1, length-weight relations of these four species were set forth. The lines lap over

* The author has already reported the ecology of albacore in detail (KAWASAKI⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾).

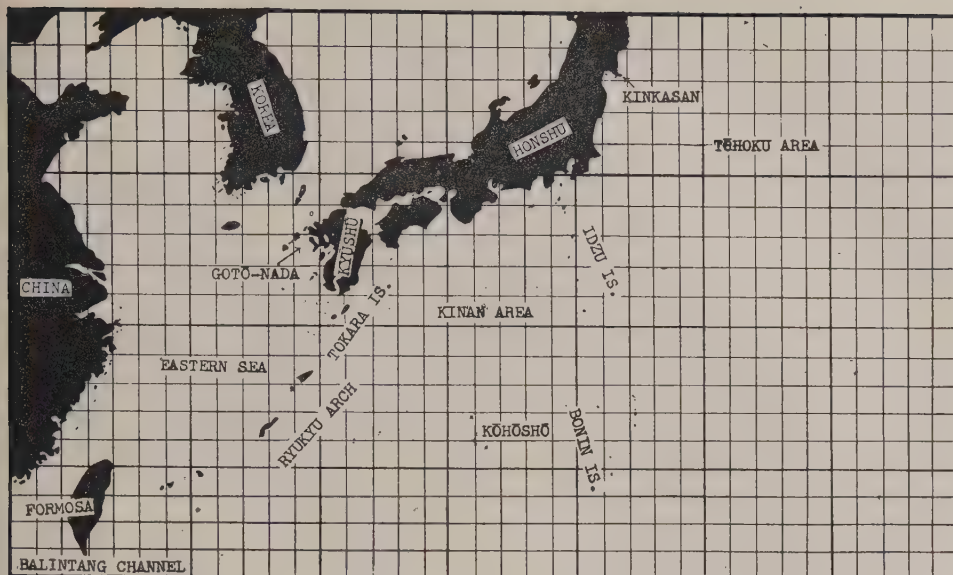


Figure 2. Map around Japan.

of yield was taken within several days. From this we can recognize that the bluefin react to the variation of the environmental factors very sensitively. To say with the fishing ground, as seen typically in figure 4, the fishing ground of the bluefin in the Tōhoku Area is formed at the coastal side of the frontal zone between the Kuroshio main stream and the coastal water. The bluefin are caught as the migratory school in the Tōhoku Area, while they are fished mainly from the resident group around the Idzu Is*. The yield and the number of times of fishing at each reef from 1954 to 1956 are shown in table 2. All the catch localities of the bluefin are situated at the north of $33^{\circ}20'N$, namely at the reefs where the strong stream band of Kuroshio passes through in February to June (figure 6).

In figure 7, the fishing localities around Kyūshū are shown. In the Tokara Area bluefin are taken as the resident group in April and May and in the Gotō-Nada Area as the migratory group in August to October. These areas are the contact parts of the Kuroshio water with the coastal water as the author stated before (KAWASAKI⁽¹¹⁾). In conclusion, though bluefin are caught in the waters of the Kuroshio System, fishing localities are distributed in the coastal side of the frontal zone of the Kuroshio with coastal water in the all cases**.

2.2 Albacore

Concerning to the distribution of this species this author has already referred in detail (KAWASAKI⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾). The characteristic features of the distributional area of albacore can be summarized as follows:

* The distinction between the migratory and the resident group will be stated later in Chapter 3.

** The young bluefin are not much taken north of the Kinkasan Is. On the contrary, medium and large tuna are caught mainly north of the Kinkasan Is.

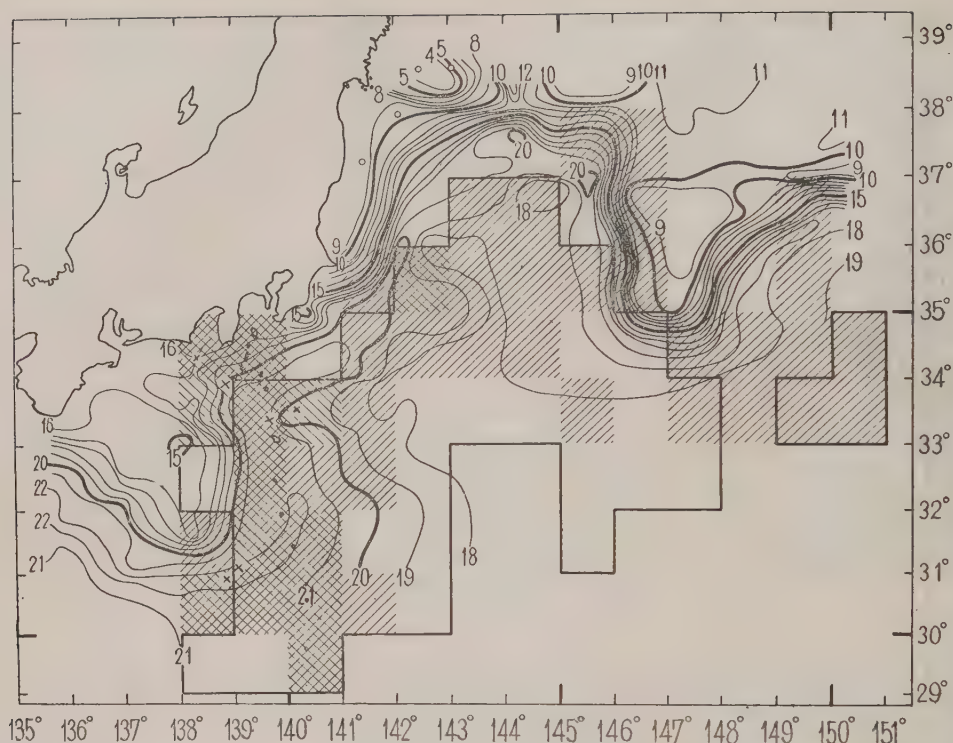


Figure 3. Distribution of catch localities of young bluefin, abundant y-caught rectangles, one degree of latitude by one degree of longitude, of albacore (beyond 56.0 metric tons), young bigeye (beyond 3.8 tons) and young yellowfin (beyond 3.8 tons) in 1955 and isotherms of 100 m layer in May, 1955. Open circles are for bluefin, areas demarcated by solid line for albacore, those characterized by right-high oblique lines for bigeye and those by left-high lines for yellowfin.

Data for isotherms were obtained from The Results of Marine Meteorological and Oceanographical Observations, No. 16 and the Kaiyô-Gaihô, No. 2, 1955.

In the south side of the Kuroshio Front.

1. In these areas the temperature differences between the surface and the lower layer are relatively small.
2. The chlorinity and the dissolved oxygen contents have higher values from surface to the lower layer than those of the surrounding sea region.
3. These areas are calm and sinking areas with anticyclonic eddy and correspond to the outer cold zones defined by KAWAI¹²⁾ in the surface layer.

In the north side of the Kuroshio Front.

1. These areas are almost confined to the isolated warm water mass with anticyclonic eddy.
2. The chlorinity is beyond 19,00‰ even at the surface and the temperature is over 17°C.

2.3 Bigeye tuna (young, called "daruma" or "bachimeji" in Japan)

In appendix figures 1 & 2 the distribution of yield in 1955 and 1956 are shown. The yield is what the author has totaled the values obtained by interviewing at the

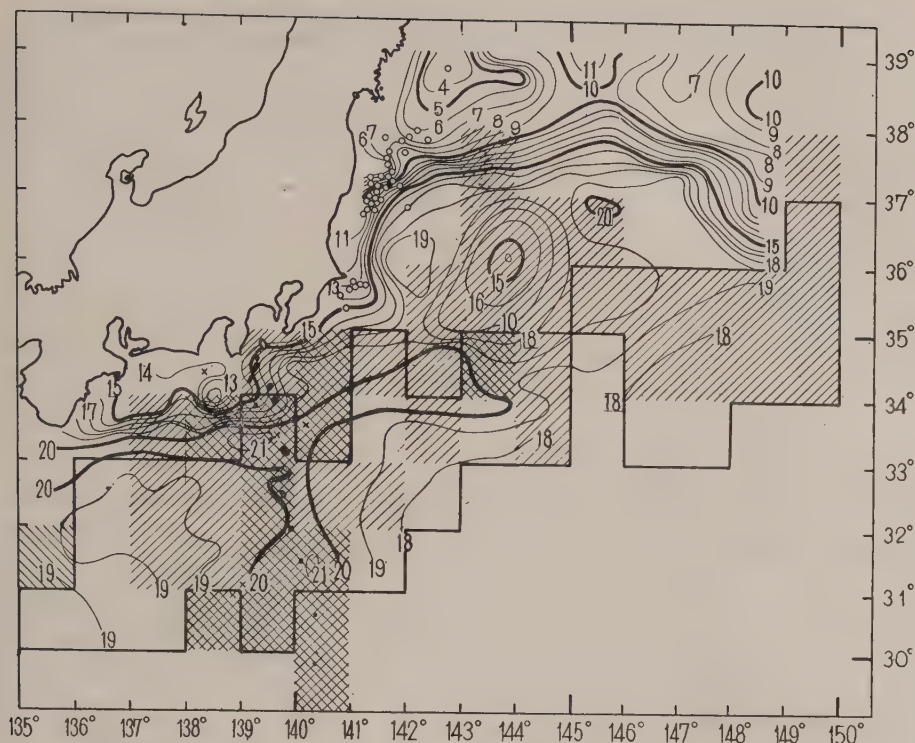


Figure 4. Distribution of catch localities of young bluefin, abundantly-caught rectangles, one degree of latitude by one degree of longitude, of albacore (beyond 56.0 metric tons), young bigeye (beyond 3.8 tons) and young yellowfin (beyond 3.8 tons) in 1956 and isotherms of 100 m layer in May, 1956. Open circles are for bluefin, areas demarcated by solid line for albacore, those characterized by right-high oblique lines for bigeye and those by left-high lines for yellowfin. Data for isotherms were obtained from The Results of Marine Meteorological and Oceanographical Observations, No. 19 and the Kaiyô-Gaihô, No. 2, 1956.

each fish market. The distribution of bigeye is horizontally wide and the fish were abundantly caught especially in the area from the west of the Idzu Is. to the Tôhoku Area south of 38°N and at the Kôhoshô-Reefs. The bigeye are taken in May to July from the west of Idzu Is. to the Tôhoku Area and at the kôhoshô-Reefs almost through the year. Firstly when looking at the translocation of catch in the area from the west of the Idzu Is. to the Tôhoku Area, we can see that the tuna are fished most abundantly in the west of the Idzu Is. in May, largely in the Tôhoku Area in June, the yield decreases in July and few fish are taken in August. Bigeye tuna is not the species at

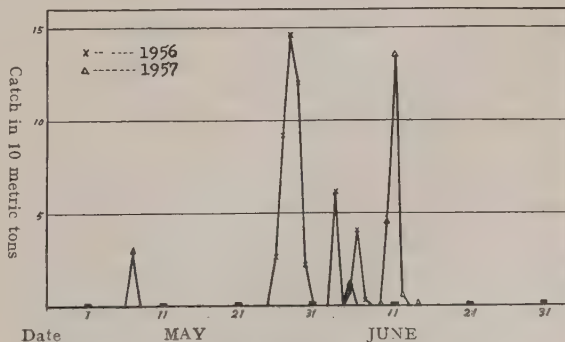


Figure 5. Daily catch of young bluefin in the Tôhoku Area.

Table 2. The catch of the bluefin in the Idzu-Bonin Area in metric tons.

Year		1954					1955	1956	
Month		Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Mar.	May	Jun.
Locality									
Reef	AONE			0.37					
	TAKASE	0.56			0.56		1.13		
	KINSU			4.61					
	ZENISU			0.30					
	KUROSE							0.37	
	SHINKUROSE								0.21
Is.	KÔZU			5.63					
	MIKOMOTO			1.01					
	TOSHIMA				3.64				
	MIYAKE	0.41	1.50						
	NIIZIMA	0.56			0.37	0.04			

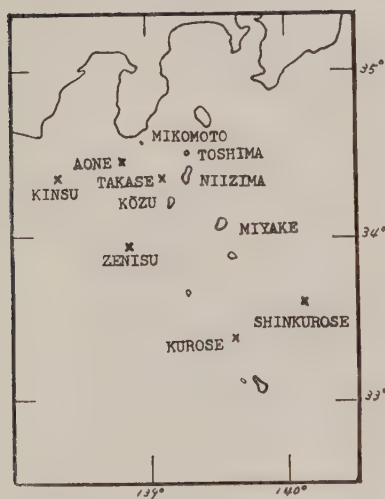


Figure 6. Islands and reefs near the Idzu Peninsula.

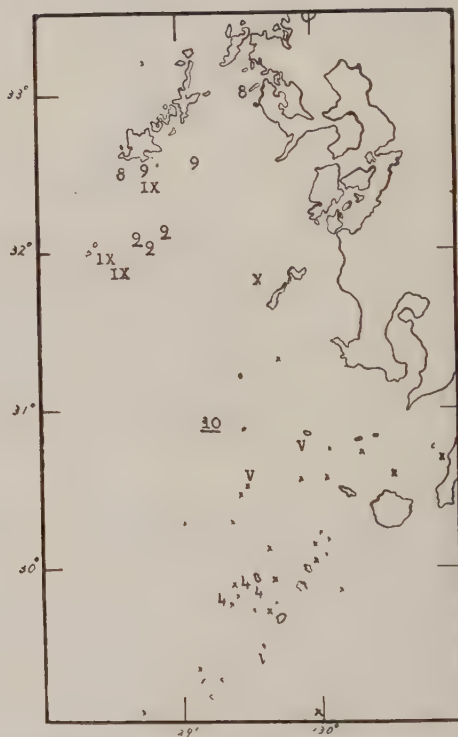


Figure 7. Fishing localities and months of bluefin near Kyûshû. Arabic numerals are for 1954, those underlined for 1955 and roman numerals for 1956.

which the bait-boats aim from the outset and this fish is caught with the skipjack as a kind of by-product of it. The fishing ground of skipjack moves across the Kuroshio Front generally in the mid-July and after then (namely, in the skipjack ground north of the Kuroshio Front) the bigeye are scarcely fished. This means that

the low-salinity area north of the Kuroshio Front is not favorable for the bigeye tuna. Judging from the transfer of the abundantly-caught area, bigeye is considered to migrate eastwards in the same way as in case of albacore. On the whole, the pattern of bigeye ground translocation resembles that of albacore (KAWASAKI et al.⁸¹⁾ and

the bigeye migrate eastwards seemingly with the reduction of surface chlorinity. Therefore, the area where bigeye migrates is the warm water mass, accompanied by the anticyclonic eddy and characterized by the vertically small difference of temperature and density, south of the Kuroshio Front.

This fact is more clarified if we compare the yield in 1955 with that in 1956 in west of the Idzu Is. In 1955 when the cold and fresh water mass developed there, the fishery was done only in the immediately west part of the Idzu Is. On the other hand, in 1956 when the warm and haline water mass was developed the area of the fishing ground was large and the active fishing was carried out. The area that contains the Kôhoshô-Reefs is the northern part of the Subtropical Convergence where the haline water is piled and sunk (UDA¹³⁾). In summarizing we can say that the bigeye is a pelagic species and prefers haline waters.

2.4 Yellowfin tuna (young, called "Kimeji" in Japan)

In 1955 and 1956 yellowfin were taken particularly in the area around the Idzu and the Bonin Is., around the Ryukyu Arch and in the Balintang Channel (Appendix figures 3 & 4). But in summer of 1958 yellowfin under 6 kg in weight were fished in the coastal area near the Tôhoku District in a large quantity. This was the first experience for me. In figure 8, the fishing localities and the isotherms of 100 m layer in July, 1958 are shown. From this we can say that yellowfin were caught in the Transition Area near the coast where the water is warm but considerably lower in salinity than in the Kuroshio Area (KAWAI¹²⁾).

Accordingly yellowfin are caught mainly around the islands and reefs and in some cases are fished in the coastal low-salinity area off the Sanriku District. In addition the yellowfin are taken in a considerable abundance in the low-chlorinity area of the Eastern

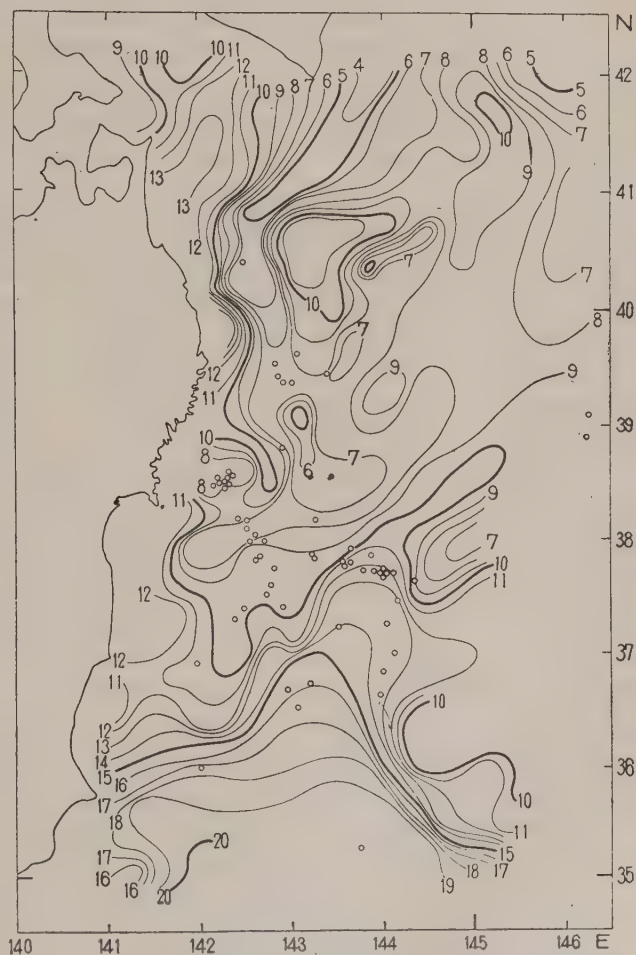


Figure 8. Fishing localities of yellowfin and isotherms of 100 m layer in July, 1958. Data of the oceanographical observations are unpublished.

Sea. In conclusion, yellowfin prefers the area near the islands and reefs in general and is a euryhaline species.

Moreover we must point out the interesting fact in the Tōhoku Area in 1958. In this year young bluefin were scarcely taken in this area, not resulting in the co-occurrence of the yellowfin and bluefin. Namely, these two separated their habitats from one another.

2.5 Comparison

We can summarize the distributions of the four species as follows :

Bluefin tuna	coastal, stenohaline (fresh side)
Albacore	oceanic, stenohaline (haline side)
Bigeye tuna	oceanic, stenohaline (haline side)
Yellowfin tuna	near the islands and reefs, euryhaline

In order to show the interrelations among these four species, the yield distributions of albacore, bigeye tuna and yellowfin tuna are set forth in addition to bluefin tuna catch localities in figures 3 & 4. We can clearly see that the distributional area of bluefin and those of albacore and bigeye do not overlap at all and bluefin completely segregate from the other two horizontally. The ranges of bluefin and yellowfin overlap to some extent in the northern part of the Idzu Is. Area and the Tokara Area. The life spaces of albacore and bigeye overlap one another to a great extent and likewise they are never or scarcely caught in the Eastern Sea. When the figures are taken altogether, however, bigeye are taken as a whole in the somewhat more northern and western parts than the case of albacore, presumably indicating that bigeye have a wider adaptability for chlorinity when compared with albacore. Next, as regards the relationships of albacore and bigeye to yellowfin, we can say that the living spaces overlap among them especially around the Idzu Is.

From mentioned above, we can recognize that the chlorinity is one of the most important environmental factors for tunas. With such animals as fishes which have the salt concentration of body fluid different from that of a water medium, the osmoregulation of body fluid is of fatal importance. Hence it is rather natural that the environments of tunas are intimately connected with the salt concentration of the sea.

3. Schooling habits

As widely known, tunas of available size for the bait-boat fishery take the various patterns of schooling. Though the author reported about the so-called "school" in other place (KAWASAKI¹⁴⁾), the brief explanations of the "school" are referred here. At first the schools of tunas are classified to the migratory school and the resident school, the former migrates in the open sea and the latter swims around the islands and reefs and is small in locomotion. As to the migratory schools in its turn they are classified into the five types by making the dependence-relation as a criterion. The first is the "free school" which does not depend on the other thing or is not accompanied with the other thing. The second is the school which is accompanied by sea-birds (birds-school). The third and the fourth is the "depending-on-shark" school (shark-school) and the "depending-on-whale" school (whale-school), which swim about with the shark and the whale. And the

last is the "depending-on-drifter" school (drifter-school) which migrates as the drifter* travels. We call such characters of school as these "school patterns". We can arrange these school patterns accordingly as the strength of the nature to depended on other thing as the following progression: resident school, drifter-school, shark(whale)-school, birds-school and free school. This progression agrees with the sequence of the co-existence nature**. Among the migratory school patterns we call the drifter-school and the shark (whale)-school which depend on the other thing the "depending pattern" and the birds-school and the free school which possess no object the "independent pattern". In this chapter the author will examine the school patterns of *Thunninae* and compare them with each other.

In table 3 the numbers of the schools in 1955 and 1956 arranged by the school pattern of the migratory form and by the area are shown (in the Tôhoku Area before July inclusive). In every area the birds-school is overwhelmingly numerous and occupies 70 to 80% of all in many cases.

Table 3. Number of schools by separate patterns and separate areas.

School pattern Area		drifter	shark	whale	birds	free	total
TÔHOKU	1955	193 (3.6%)	1,640 (30.6%)	133 (2.4%)	2,957 (55.2%)	438 (8.2%)	5,361
	1956	144 (2.8%)	590 (11.6%)	77 (1.4%)	4,124 (80.9%)	167 (3.3%)	5,102
KINAN	1955	144 (9.8%)	4 (0.3%)	2 (0.1%)	1,133 (77.4%)	181 (12.4%)	1,464
	1956	169 (9.3%)	5 (0.3%)	35 (1.9%)	1,502 (82.8%)	101 (5.6%)	1,812
WEST-OF- KYÛSHÛ	1955	9 (12.8%)	0 (0.0%)	13 (18.6%)	47 (67.2%)	1 (1.4%)	70
	1956	3 (2.3%)	0 (0.0%)	17 (21.2%)	72 (56.2%)	26 (20.3%)	128
EASTERN SEA	1955	80 (22.3%)	6 (1.7%)	0 (0.0%)	270 (75.4%)	2 (0.6%)	358
	1956	56 (24.1%)	6 (2.6%)	0 (0.0%)	158 (68.1%)	12 (5.2%)	232
EAST-OF- FORMOSA	1955	73 (10.4%)	95 (13.5%)	0 (0.0%)	518 (73.9%)	15 (2.2%)	701
	1956	78 (15.8%)	64 (13.0%)	0 (0.0%)	344 (70.0%)	6 (1.2%)	492
SOUTH-OF- FORMOSA	1955	12 (4.7%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	275 (93.2%)	8 (2.1%)	295
	1956	51 (17.6%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	237 (81.8%)	2 (0.6%)	290

3.1 Bluefin tuna

As stated in Chapter 2 bluefin assumes mainly the resident pattern in the Idzu Is. and the Tokara Areas and the migratory pattern in the Tôhoku and Gotô-Nada Areas. The cases of the birds-school and the free school are the most abundant in the migratory pattern of this tuna (table 4). Namely, this species prefers the resident pattern and the nature of dependence is weak in the migratory pattern. The latter fact may be because their range does not fold

Table 4. Number of bluefin schools by separate patterns and separate areas.

School pattern Area		drifter	whale	birds	free
TÔHOKU	1956			20	8
	1957			5	2
WEST-OF- KYÛSHÛ	1955	1	1	3	2
	1956			5	

* The drifters are the drift-woods in many cases but contain drums, tires, dead whales etc. in some cases.

** Nature of a species to dwell together with the other species.

over those of others.

3.2 Albacore

The numbers of the schools in 1955 and 1956 disposed by the school pattern are indicated in table 5. Albacore takes migratory pattern in almost all the cases and there has been reported only a single instance as resident among the 7,025 cases through the two years. Moreover nearly all the tuna take the independent pattern (especially birds-school pattern) and rarely assume even the depending pattern. This fact shows that this species possesses the nature of dependence very weakly.

Table 5. Number of albacore schools by separate patterns and Separate areas.

School pattern Area		resident	drifter	shark	whale	birds	free	total
TÔHOKU	1955	0 (0.0%)	6 (0.3%)	29 (1.4%)	3 (0.1%)	1,980 (96.8%)	26 (1.3%)	2,044
	1956	0 (0.0%)	7 (0.2%)	7 (0.2%)	24 (0.6%)	3,723 (97.5%)	57 (1.5%)	3,818
KINAN	1955	0 (0.0%)	2 (0.2%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	389 (98.0%)	7 (1.8%)	398
	1956	1 (0.1%)	2 (0.3%)	1 (0.1%)	1 (0.1%)	748 (97.9%)	12 (1.6%)	765

3.3 Bigeye tuna

In table 6 the yields by school pattern and by area are shown. Despite bigeye are caught in a large quantity in the water around Idzu Is., few tuna are taken from the resident school. On the contrary, however, the bigeye which are caught in the Kôhoshô Area (the rectangles of 25° to 26°N, 136° to 137°E and 26° to 27°N, 135° to 136°E) are from the resident group in all cases and half of the schools which are fished in the Bonin Area assumed the resident pattern. While as already referred the Kôhoshô-Reefs is contained within the Subtropical Convergence Area where the haline water is piled and sunk, the Bonin Area also belongs to the Subtropical Convergence Area. As seen from the profile of the chlorinity along the Idzu-Bonin line of islands (figure 9) the haline water is sunk in the Bonin Area but the chlorinity is on the whole low in the Idzu Is. Area north of 28°N. From this it is clear that the nature for bigeye to reside about the reefs depends on the difference in chlorinity and this agrees with the fact that bigeye are scarcely distributed in the Eastern Sea.

Table 6. Catch of bigeye tuna by separate patterns and school patterns

School pattern Area		resident	drifter	shark	whale
TÔHOKU	1955	0.00 (0.0%)	551.00 (59.7%)	238.00 (25.8%)	73.50 (8.0%)
	1956	0.00 (0.0%)	603.00 (69.9%)	183.00 (21.2%)	6.75 (0.8%)
KINAN (around IDZU Is. inclusive)	1955	4.13 (2.0%)	149.00 (71.6%)	7.50 (3.6%)	0.00 (0.0%)
	1956	4.13 (0.6%)	571.00 (86.5%)	0.00 (0.0%)	0.00 (0.0%)
BONIN	1955	27.40 (47.4%)	25.20 (43.6%)	0.00 (0.0%)	0.00 (0.0%)
	1956	14.60 (46.3%)	16.50 (52.3%)	0.00 (0.0%)	0.00 (0.0%)
EASTERN SEA (around RYÛKYÛ Arch inclusive)	1955	18.80 (41.7%)	0.75 (16.6%)	0.00 (0.0%)	0.00 (0.0%)
	1956	0.00 (0.0%)	1.88 (100.0%)	0.00 (0.0%)	0.00 (0.0%)

Next, the author scrutinizes the migratory pattern. In the areas around and west of the Idzu Is. and around the Bonin Is. the bigeye are caught from the drifter-school and the birds-school, especially the number of the cases of the drifter-school is more. In the Tōhoku Area the number of schools by school pattern as which bigeye are caught decreases according to the following order, drifter-school, shark (whale)-school, birds-school and free school, and especially the case of the drifter-school is overwhelmingly numerous. The ratio of the yield from the depending pattern to the total yield in the Kinan Area north of 29°N and the Tōhoku Area is shown in table 7. The majority

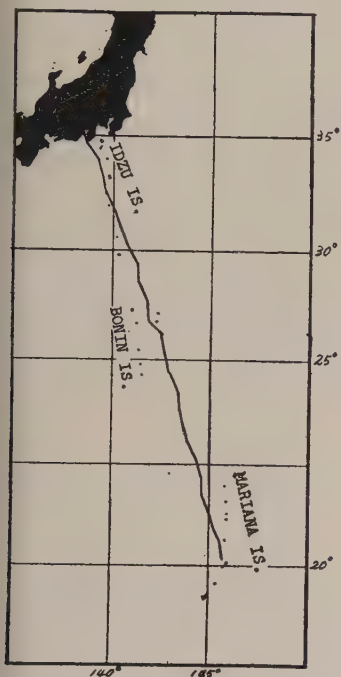


Figure 10. Observation line for figure 9.

separate areas in metric tons.

birds	free	total
57.00 (6.2%)	4.87 (0.8%)	924.37
60.70 (7.0%)	9.37 (1.1%)	862.82
37.90 (18.2%)	9.38 (4.6%)	207.91
84.10 (12.9%)	0.00 (0.0%)	659.23
4.50 (7.8%)	0.75 (1.2%)	57.85
0.38 (1.4%)	0.00 (0.0%)	31.48
1.88 (41.7%)	0.00 (0.0%)	4.51
0.00 (0.0%)	0.00 (0.0%)	1.88

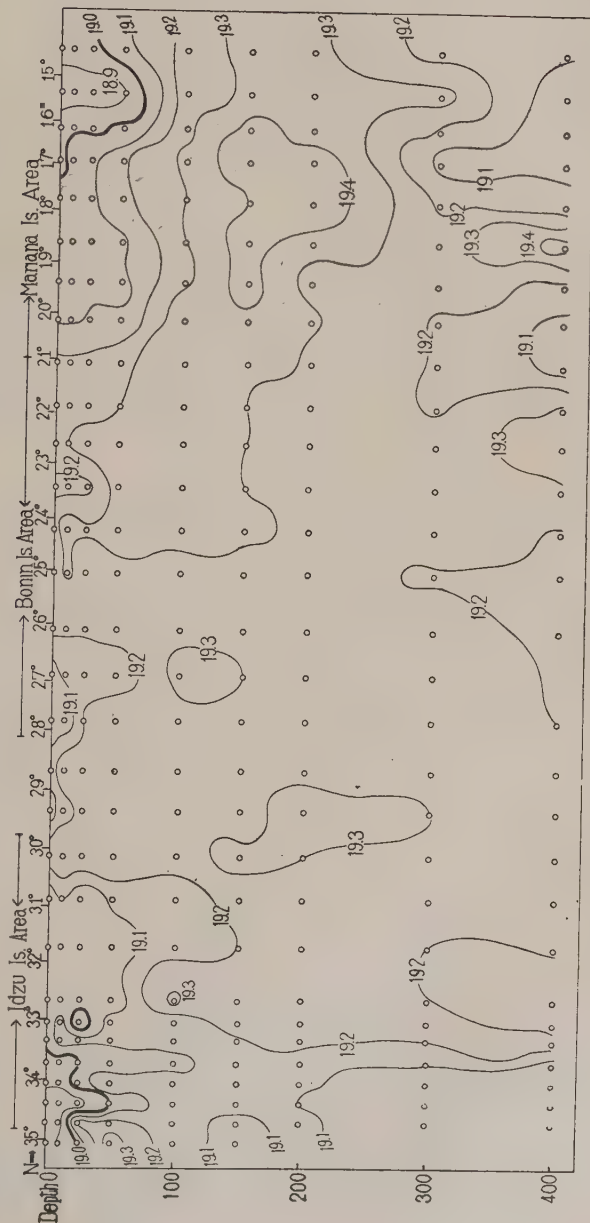


Figure 9. Chlorinity profile along the Idzu-Bonin line in August, 1934. Data of the observation were obtained from Semi-annual Report Oceanographical Investigation, No. 55.

of yield is from the schools of the depending pattern. Let us examine these circumstances by the number of school instead of the yield (table 8). The fact to which the attention is attracted here is that in the Tôhoku Area the order of the drifter-school and the shark-school is reversed when compared with the yield case. The author cannot judge whether this inversion of the order is due to the preference by "dependence" or the difference in the biting qualities by angling. As seen from the rate of attachment* in table 9, at any rate the bigeye prefer the dependence on the drifters. The bigeye never takes the resident pattern and the majority of them assumes the depending pattern in the waters adjacent to Japan where the variation of the environmental factors is very large, showing that this species possesses considerably strong nature of the dependence. As stated above, the bigeye are caught mainly from the drifter-school or the shark-school in the Tôhoku Area. Accordingly the temporal change of the yield of bigeye must be related with the change of the contents of a school (the species composition) as a matter of course. The bigeye are taken most abundantly as the drifter-schools, but since the drifter-schools are scarcely discovered the number of data is few and the accidental factors get in when dealing with the species composition. Therefore, the shark-schools abundant in data are taken into account.

It is not unnatural to consider that the ratio bigeye/skipjack reduces in the shark-schools from June to July, because the yield of bigeye decreases rapidly in this period.

Table 7. The ratio of the catch from the depending pattern to the total catch for bigeye tuna.

Area	TÔHOKU	KIHAN
Year		
1955	93.3 %	76.8 %
1956	91.9 %	87.1 %

Table 8. Number of bigeye schools by separate patterns and separate areas.

School pattern		drifter	shark	whale	birds	free	total
Area							
TÔHOKU	1955	121 (25.6%)	291 (61.5%)	10 (2.1%)	48 (10.3%)	3 (0.5%)	473
	1956	117 (35.5%)	151 (45.9%)	11 (3.3%)	49 (14.9%)	1 (0.4%)	329
KINAN	1955	57 (71.3%)	2 (2.5%)	0 (0.0%)	19 (23.7%)	2 (2.5%)	80
	1956	106 (70.6%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	44 (29.4%)	0 (0.0%)	150

Table 9. Rate of attachment of bigeye by separate school patterns and separate areas.

School pattern		drifter	shark	whale	birds	free
Area						
TÔHOKU	1955	62.7 %	17.7 %	7.5 %	1.6 %	0.7 %
	1956	81.3 %	25.6 %	14.3 %	1.2 %	0.6 %
KINAN	1955	38.2 %	50.0 %	0.0 %	1.7 %	1.1 %
	1956	62.8 %	0.0 %	0.0 %	2.9 %	0.0 %

* Rate of attachment is the ratio of the number of a given school pattern of a given species to the total number of that school pattern. For example, the figures in table 9, which are expressed in percentages, are the quotients of the values in table 8 divided by the corresponding values in table 3.

despite the yield of skipjack increases steeply. According to KIMURA¹⁵⁾, the "discovery rate" of the shark-schools increases from June to July, climbs up to the maximum in the later half of July and begins to decrease in August (the normal year value of the proportion to the total school number is 40% in late June, 48% in the beginning of July, 67% in mid-July, 69% in late July and 56% in the beginning of August). This agrees with the pattern of the up and down in the skipjack yield (KAWASAKI¹⁶⁾). Hence it is to be said that the up and down in the skipjack caught from the shark-schools is the much intense.

The yields by species from the shark-schools in each ten days of 1955 in the Tôhoku Area are shown in table 10. The proportion of bigeye reduces after the end of June on and the few fish are caught in middle July. (According to our experience the bigeye always mix in the skipjack, though few in number, in case of the shark-school off the Sanrikiu District after the end of July.) This coincides with the tendency of the surface chlorinity reduction as stated in Chapter 2 and conceivably shows that the bigeye go eastwards leaving the sharks.

Table 10. Catches of skipjack and bigeye from shark-school in the Tôhoku Area in 1955.

Expressed in metric tons.

Species	Period	mid-June	late June	beginning July	mid-July
Skipjack		167.0	93.1	620.0	/
Bigeye		78.8	24.7	8.6	trace
Bigeye Skipjack		0.47	0.27	0.01	/

3.4 Yellowfin tuna

In table 11 the yields by area and school pattern are shown. The yellowfin are caught in a considerable amount as the resident group, indicating that this species possesses the intense nature to swim around the reefs. That the nature to swim around the reefs is, in other words, that the fish are less locomotive and always expose themselves to the abrupt variation of the environmental factors. When we consider from the side

Table 11. Catch of yellowfin tuna by separate school patterns and separate areas in metric tons.

School pattern		resident	drifter	shark	birds	free	total
Area							
TÔHOKU	1955	0.00 (0.0%)	15.75 (75.0%)	4.88 (23.2%)	0.37 (1.8%)	0.00 (0.0%)	21.00
	1956	0.00 (0.0%)	12.75 (92.0%)	0.00 (0.0%)	1.12 (8.0%)	0.00 (0.0%)	13.87
KINAN (around IDZU Is. inclusive)	1955	138.90 (76.7%)	27.80 (15.4%)	0.37 (0.2%)	13.50 (7.5%)	0.37 (0.2%)	180.94
	1956	78.4 (47.1%)	80.70 (48.5%)	0.00 (0.0%)	7.50 (4.4%)	0.00 (0.0%)	166.60
BONIN	1955	87.10 (83.4%)	10.89 (10.4%)	0.00 (0.0%)	6.00 (5.8%)	0.37 (0.4%)	104.36
	1956	181.50 (95.1%)	2.62 (1.4%)	0.00 (0.0%)	6.00 (3.5%)	0.00 (0.0%)	190.12
EASTERN SEA (around RYUKYU Arch inclusive)	1955	69.80 (39.8%)	54.10 (30.8%)	0.00 (0.0%)	51.10 (29.1%)	0.37 (0.3%)	175.37
	1956	103.50 (58.1%)	44.70 (25.1%)	1.50 (0.8%)	19.88 (11.1%)	9.01 (4.9%)	178.59

of fish, this means that they fairly endure the environmental variation and corresponds to the character of yellowfin inferred under Distribution.

Then in referring to the migratory pattern, the cases of the drifter-school are mostly abundant in the Kinan and the Eastern Sea Areas, followed by the cases of the birds-school. This order is reversed in the East-of-Formosa and the South-of-Formosa Sea Areas (table 12). But as seen from the rate of attachment (table 13) the yellowfin tuna migrates preferably in the drifter-school.

There is a exception which occurred in summer of 1958 in the Tôhoku Area (See Chapter 2). In this case more than 70% of yellowfin were taken as birds-school (table 14). This may be related to the lack of drifters in the Tôhoku Area.

Table 12. Number of yellowfin schools by separate patterns and separate areas.

School pattern Area		drifter	shark	birds	free	total
KINAN	1955	65 (67.7%)	0 (0.0%)	29 (30.2%)	2 (2.1%)	96
	1956	56 (75.6%)	0 (0.0%)	17 (23.0%)	1 (1.4%)	74
EASTERN SEA	1955	61 (71.7%)	1 (1.2%)	23 (27.1%)	0 (0.0%)	85
	1956	45 (68.1%)	1 (1.6%)	20 (30.3%)	0 (0.0%)	66
EAST-OF-FORMOSA	1955	37 (27.0%)	23 (16.8%)	76 (55.5%)	1 (0.7%)	137
	1956	58 (39.4%)	27 (18.4%)	62 (62.2%)	0 (0.0%)	147
SOUTH-OF-FORMOSA	1955	7 (30.4%)	0 (0.0%)	16 (69.6%)	0 (0.0%)	23
	1956	19 (33.4%)	0 (0.0%)	38 (66.6%)	0 (0.0%)	57

Table 13. Rate of attachment of bigeye by separate school patterns and separate areas.

School pattern Area		drifter	shark	birds	free
KINAN	1955	45.1%	0.0%	2.6%	1.1%
	1956	33.1%	0.0%	1.1%	1.0%
EASTERN SEA	1955	76.2%	16.6%	8.5%	0.0%
	1956	80.4%	16.6%	12.6%	0.0%
EAST-OF-FORMOSA	1955	50.7%	24.2%	14.7%	6.7%
	1956	74.4%	42.2%	18.0%	0.0%
SOUTH-OF-FORMOSA	1955	58.3%	0.0%	5.8%	0.0%
	1956	37.2%	0.0%	16.0%	0.0%

Table 14. Number of yellowfin schools by separate patterns in the Tôhoku Area in July, 1958,

drifter	shark	birds	free	total
1 (1.5%)	4 (6.1%)	48 (72.7%)	13 (19.7%)	66

3.5 Comparison

Table 15. Weight composition of the catch of young bluefin in the Tôhoku Area in metric tons.

Weight range in kg		1956	1957
under	3.75	184.0	30.0
3.75	to 7.50	212.0	19.9
7.50	to 11.25	22.5	139.0
11.25	to 15.00		23.3

In summarizing the above mentioned, we can arrange the four species in the progress-

ion of the nature of dependence as follows :

Albacore — Bluefin and Bigeye — Yellowfin

Albacore and bigeye divide their lives by dependence relation, the former assuming independent pattern while the latter depending, whereas their ranges generally overlap each other. On the other hand, the life spaces of bigeye and yellowfin partially overlap around Idzu Is. but their dependence relations are different from one another, the one depending and the other resident.

4. Size composition

4.1 Bluefin tuna

In figure 11 the length-compositions of the bluefin caught near the Idzu Peninsula and in Gotô-Nada are shown. In both the cases the fish are consisted of the single age group and the range of body length is 50 to 70 cm near the Idzu Peninsula in spring and early summer and 30 to 50 cm in Gotô-Nada in fall. The weight composition of catch in the Tôhoku Area in the early summer of 1956 and 1957 is shown in table 15. We can see from the Chapter 5 that the bluefin caught near the Idzu Peninsula and in the Tôhoku Area belong to the one age group and those in Gotô-Nada belong to the O age group.

4.2 Albacore

The length compositions of albacore in 1952 and 1953 were examined by the present author (KAWASAKI et al⁸⁾). The full analysis was done by SUDA¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾.

4.3 Bigeye

There is a report by HOMMA & KAMIMURA²⁰⁾ as regards the bigeye caught by bait-boats. They show by analyzing the data in 1953 that the bigeye caught by bait-boats in June and July consist of three length groups, A (mode : 75 cm), B (mode : 77 cm), and C (mode : 101 cm) and say,

“It was found that the mean length of the fish in both groups A and B was small in the western area of the fishing grounds and tends to become greater as one goes east.”

Moreover, about this tendency they explain.

“The easterly increase in the mean length may be attributable to different tendencies of the migrating behavior between the fish in the eastern area and those in the west. In other words, the fish of both groups A and B in the eastern area are supposed generally larger in size than those of the corresponding groups in the west, while all migrating northward.”

In figure 12, we have graphed the length composition, by separate areas in the Tôhoku Area each ten days. In the area west of 145°E Group B appears in early June to begin with and then Group A presents itself from mid-June to late June. The proportion of Group A increases by degrees and Group B are scarcely caught in mid-July. Between 145°E and 150°E, Groups B and A appear in middle and late June respectively, and Group B increases its proportion after then. When we think of such tendency of the age group distribution with the facts stated before, this tendency undoubtedly shows that the older ones migrate at head from west to east. It is rather reasonable to con-

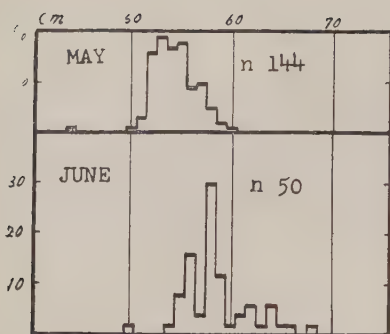


Figure 11-A Length compositions of bluefin around the Idzu Is. in 1954.

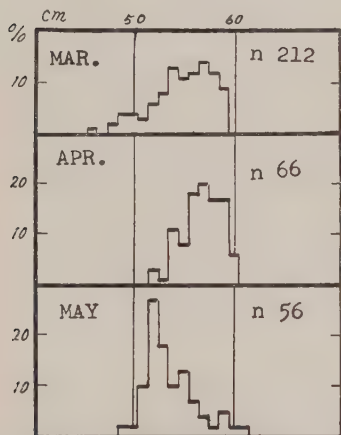


Figure 11-B Length compositions of bluefin around Idzu Is. in 1958.

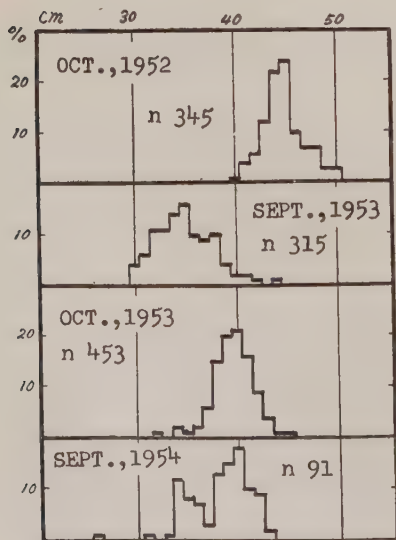


Figure 11-C Length compositions of bluefin in Gotô-Nada.

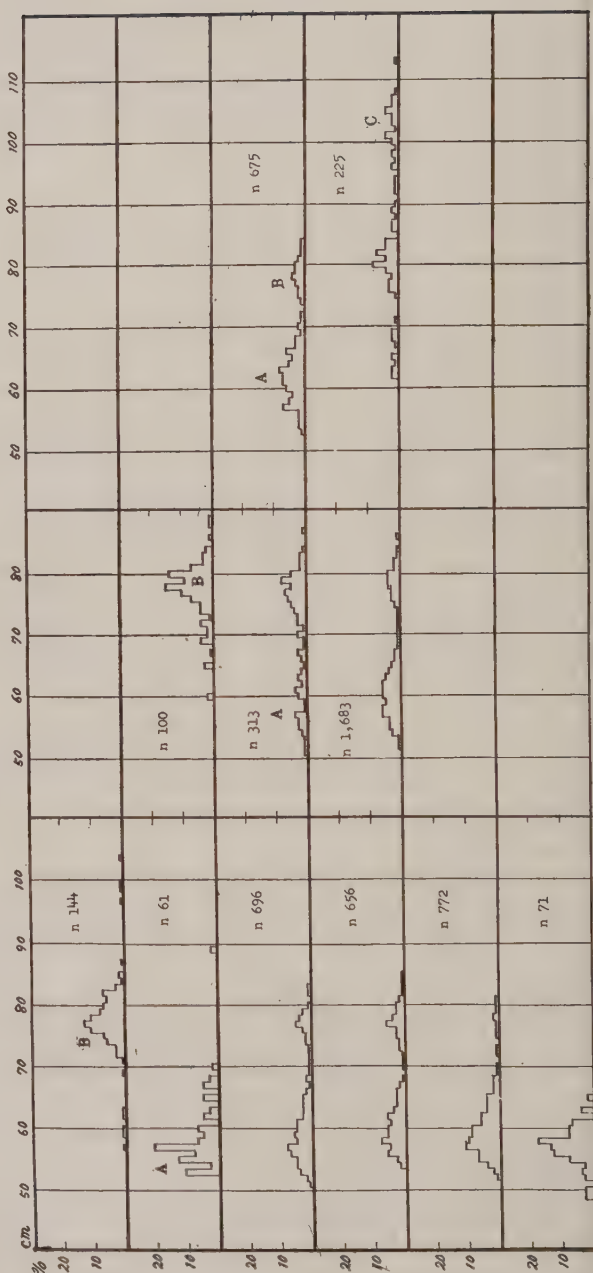


Figure 12. Length compositions of bigeye in the Tôhoku Area in 1953.

Consider that the increasing gradient from the west to the east in the body length within the same size group is the reflexion of the easterly migration in the same age group and the opinion of HOMMA et al²⁰⁾ is a little far-fetched. The principal cause of such migration is the reduction of the surface chlorinity and that the young fish of Group A disperse from the fishing ground later than the older ones, though in part due to the difference

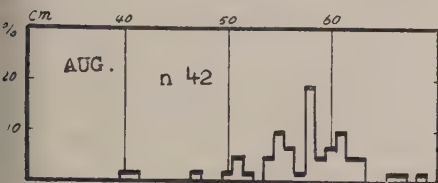


Figure 13. Length composition of bigeye in the Tōhoku Area in August, 1953 to 1956.

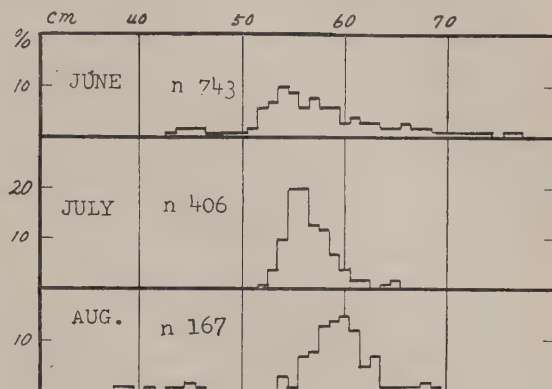


Figure 14. Length compositions of bigeye around the Idzu Is. in 1953.

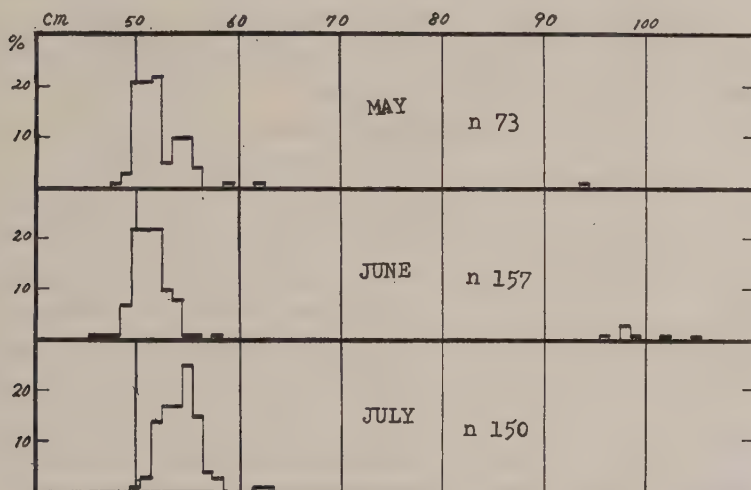


Figure 15. Length compositions of bigeye around the Idzu Is. in 1954.

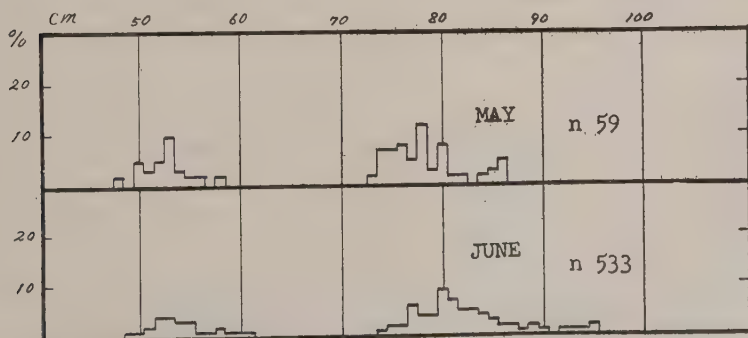


Figure 16. Length compositions of bigeye in the Tōhoku Area in 1954.

in the swimming force, shows that younger fish can endure the lesser chlorinity than the older ones. After skipjack fishing ground is displaced in the Transition Area (KAWAI¹²⁾) August, only a few tuna are caught from the shark-schools. TÔHOKU REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY has conducted the size measurement of the skipjack by the systematic sampling method and the members of this laboratory have measured the bigeye tuna when they were found in the fish cage of the secondary sampling unit. Therefore, though a few in number, the measurements are the representative of the population. In figure 13 it is shown the length composition of the bigeye tuna which is measured at Kesennuma Fish Market in August, 1953 to 1956. It is undoubtedly that all the bigeye passing through the mesh of the Kuroshio Front are the members of Group A.

In the length composition in the Idzu Is. Area (figure 14), there appears Group A (the young) and those corresponding to Groups B and C are not found. As regards the difference between the length composition near the islands and that in the open sea, the same phenomenon as in 1953 can be pointed out in 1954 (figures 15 & 16).

HOMMA et al²⁰⁾, using the data of 1953, state that the bigeye caught in the Eastern Sea, scant as they are, belong to Group A exclusively and the data of 1951 graphed in figure 17 suggest that this may be the case, showing the same conditions as in the Idzu Is. Area. These facts must be dealt with as the difference in the behavior by separate ages rather than the tendency, "large in the east and small in the west", as offered by HOMMA et al²⁰⁾, indicating that the high age groups do not appear around the islands.

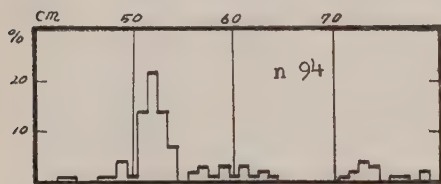


Figure 17. Length composition of bigeye in the Eastern Sea in May, 1951.

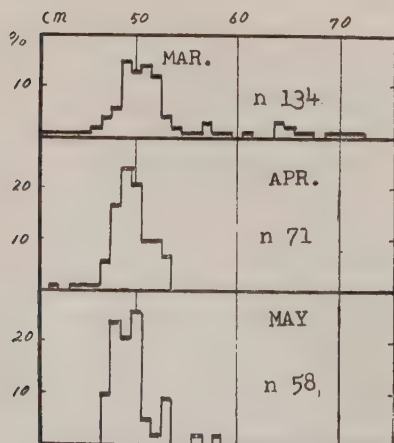


Figure 18. Length compositions of bigeye in the East-of-Formosa Area in 1954.

As stated before, the bigeye tuna is an offshore species in the Kuroshio System and it is not abundantly caught around the islands and the reefs where the environmental factors fluctuate largely and besides this species appears in this area only in the particular and early period of its life span, and all these facts plainly show that the bigeye tuna is a species of small adaptability. This is as well in the East-of-Formosa Area (figure 18) but considerably large fish are taken in the Kôhoshô-Reefs Area and the Bonin Area (figures 19 & 20). This is because these areas are contained in the Subtropical Convergence Area.

The bigeye practically disappears from the catch after mid-July as referred before and this corresponds to the time when the skipjack fishing ground is translocated to the north of the Kuroshio Front. As the so-called "bait boat bigeye" is caught together with the skipjack in the skipjack fishing ground, the disappearance of the bigeye means that the mig-

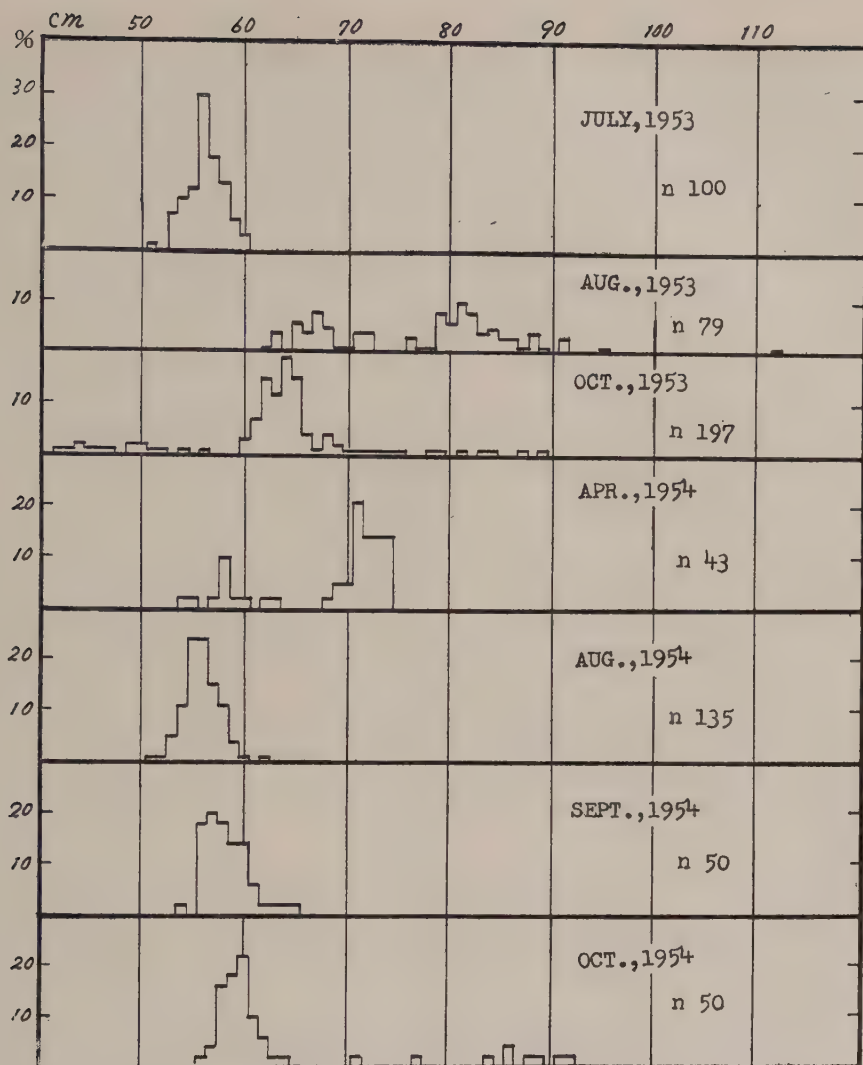


Figure 19. Length compositions of bigeye in the Kôhoshô-Reefs.

ration to the Transition Area (low-chlorinity area) is arduous for the bigeye. And, as indicated in the catch in the late July (figure 12), all the fish which have barely manage to enter the Transition Area belong to Group A.

4.4 Yellowfin tuna

Recently YABUTA & YUKINAWA²¹⁾ reported about the length composition of the yellowfin taken by bait-boats. In this paper they had lumped together the yellowfin caught around the Idzu and the Bonin Is. and the Kôhoshô-Reefs and regarded the two prominent series of modes as belonging to the separate age groups. Among them Group A is the principal group caught almost through the year, which grows from ca 40 cm to ca

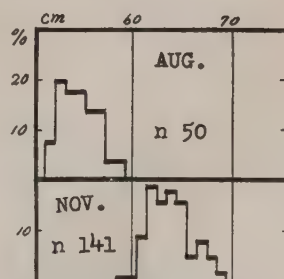


Figure 20. Length compositions of bigeye in the Bonin Area in 1953.

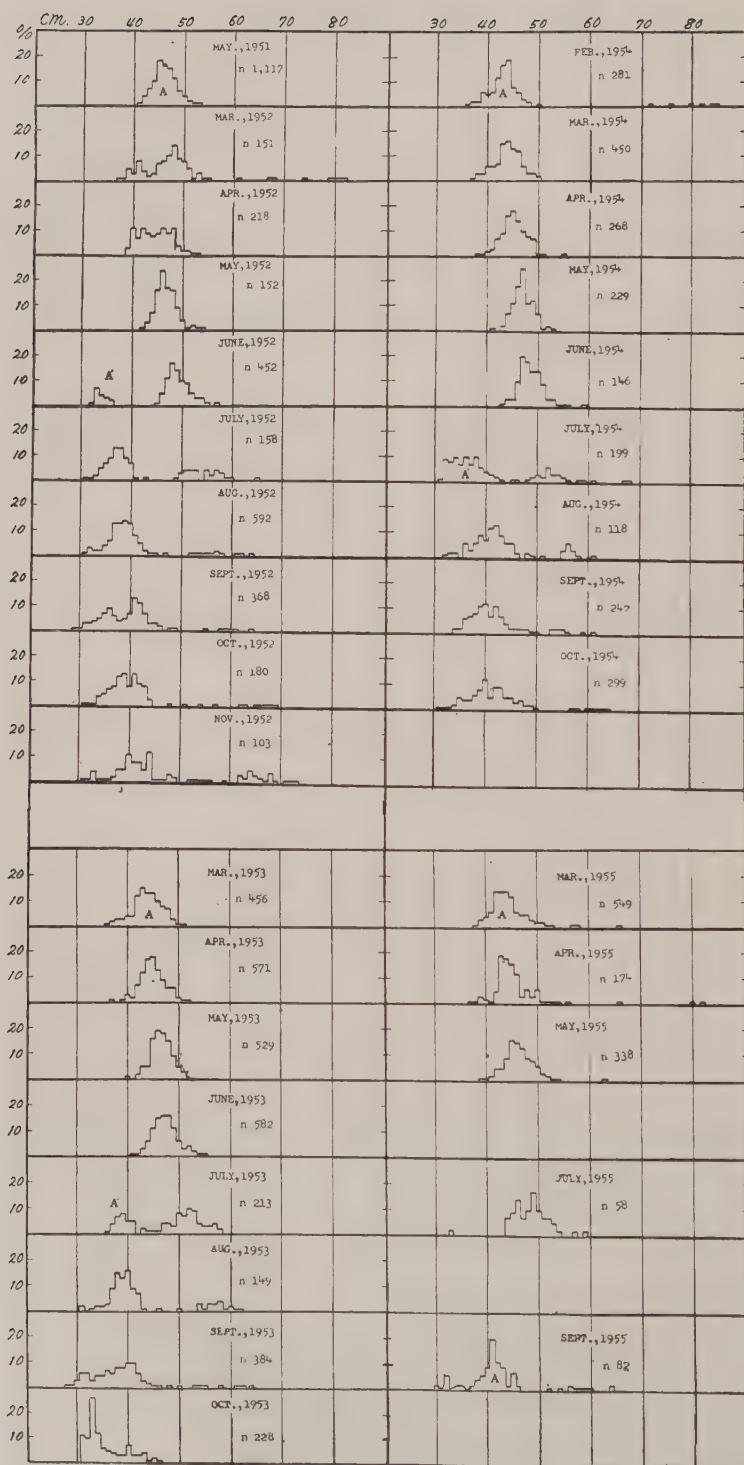


Figure 21. Length compositions of yellowfin in the Eastern Sea.

70cm in the mode of body length during the period from March to the end of the year (from the later time of the first year of life to the early time of the second year) and Group B appears exclusively in the early period of the year (up to May) and grows from ca 70cm to ca 80cm (the later time of the second year of life) in modal length. Beyond them Group A' which is seemingly the fast growers among the (A-1) age group is caught first in August and grows from ca 40cm to ca 50cm till the end of the year. Namely, the yellowfin tuna is taken before full two years old around the islands and reefs by bait-boats. According to the fishermen's information the two age groups, A and B, segregate their habitats from one another by depth when depending on a reef. The fisherman catches the yellowfin of Group A at sea surface by a pole, while he fishes that of Group B by letting down of the fishing line to the deep. As stated in Chapter 2, the yellowfin tuna are fished in a considerable amount in the near-islands area from Kyûshû to Luzon Is. besides the above mentioned areas. In figure 21, the author shows the length compositions of the yellowfin which have been measured by the systematic sampling method for the five years, 1951 to 1955. In regard to Groups A and A' the fish with the modes similar to those in the Idzu, Bonin and Kôhoshô-Reefs Areas are caught. It is characteristic in this western area that Group B (fish of the later time of the second year) does not appear at all and fish of Group A decrease rapidly from July on when their mode of length exceeds 50 cm (viz. the about full one age). Namely, the yellowfin tuna leaves the area from the western Japan to the Luzon Is. before it reaches the end of the first year in its career. As a rule, a given species of fish migrates to the edge of its range only in the short period of its lifetime and this period is often soon after the generation of fish. The author can point out that the distribution of the juvenile saury (*Cololabis saira* (Brevoort)) in the Japan Sea (FUKATAKI²²⁾) and the horse mackerel (*Trachurus japonicus* (Temminck et Schlegel)) off the Tôhoku District (KAWASAKI²³⁾) are the instances. The case of yellowfin referred here is also one example and the occurrence only in the younger stage corresponds that the low-salinity area around the western Japan is the edge of the range of yellowfin. Since the yellowfin tuna is caught by long-line after the later period of the second year of its life (YABUTA et al²¹⁾), this fish seemingly has depended on the reefs till then. The principal distributional area of the yellowfin lies in the haline waters of the Central Pacific, but as this species has high adaptability for the chlorinity up to the end of its first year of life it may be distributed in the less haline area around the western Japan.

4.5 Comparson

When we compare the size-compositions of the bigeye and the yellowfin with each other, we can recognize that each species has the composition which fairly corresponds to the behavior of fish. Namely, only a young age group of bigeye is caught around the islands, while the fish from the young to the older ones are caught in the open ocean (by bait-boats and line-boats), for bigeye prefers the haline area of the open sea in the Kuroshio System. On the other hand, the yellowfin is taken only around islands and the reefs, not in the open sea, in its young stage. Moreover, the two age groups of this species are caught in the haline waters in the Idzu, Bonin and Kôhoshô-Reefs Areas, while only one age group is fished in the fresh area around the western Japan which is

the edge of its distribution. Thus, in both the two species several age groups are caught in the central (favorable) area of distribution and a young single age group is taken in the boundary (critical) area.

5. Age and growth

5.1 Bluefin tuna

The papers so far submitted as regards the age and growth of the bluefin tuna are as follows :

(1) Age determined with the vertebral bone. AIKAWA & KATO²⁴⁾ (the Pacific)
SELLA²⁵⁾ (the Mediterranean)

(2) Age determined with the weight composition. KIMURA²⁶⁾ (the Pacific)

(3) Age determined with the length composition and scale. WESTMAN
NEVILLE²⁷⁾ (the Atlantic)

(4) Unknown. IMAMURA²⁸⁾ (the Pacific)

The patterns of growth by these authors fairly resemble each other in the young stage but the differences grow larger after the fifth year. But among these studies there is none which analyzed the temporal process of the size composition in detail. Generally the estimation of the growth in relative sense acquires the largest reliability when the size composition which covers almost the year is used. Unless the ring on a vertebra or a scale affords proof of being the age character objectively, the age determination by such a method is not able to be taken as valid. By reason of this the author leaved the problem of the bluefin growth out of consideration.

5.2 Albacore

The following authors have reported the relations between the age and the size of albacore.

(1) Age determined with the vertebral bone. UNO²⁹⁾³⁰⁾, AIKAWA & KATO²⁴⁾
PARTLO³¹⁾

(2) Age determined with the scale. NOSE, KAWATSU & HIYAMA³²⁾

(3) Age determined with the length composition. SUDA¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾, KAWASAKI
& AIZAWA³⁾

Among these length range corresponding to age agrees in the most part with each other as to (1) and (2) but the absolute age determined by PARTLO³¹⁾ is older by one year than the others. In respect to (3), we can discuss only the relative age from the first outset, the length ranges by the separate relative ages fairly accord with (1) and (2). In addition the determination by SUDA¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾ is based on the detailed analysis of the long, comprehensive and abundant data so that the reliability of this determination is very high in relative sense. Accordingly, one may safely say that the relative growth curve, not corresponding to age, is already established.

5.3 Bigeye tuna

The age determination of the young bigeye was done by NOSE et al³²⁾ using the scale. NAKAMURA et al³³⁾, KAMIMURA et al³⁴⁾ and IVERSEN³⁵⁾ have studied the size composition of the older fish caught by long-line boats and all these are the investigations

ons of fish having modes over 80 cm. With respect to the young age groups having modes under 80 cm HOMMA et al²⁰⁾ analyzed the length composition. As pointed out by them the three modes, 57 cm, 77 cm and 101 cm (trace), appeared in June and July, 1953. However, there is a phenomenon of the alternate-year occurrence of certain age groups which are taken by the long-line boats (NAKAMURA et al³³⁾), so that there is a fear that the two age groups at a interval of two years are misconceived as at that interval of a year, because the prominent year-class does not permit for the prior and the next year-classes to form the modes in the size frequency. Thus, the author had plotted the modes of the bigeye caught by the bait-boats in the various sea areas and examined if the size group corresponds to the age group (figure 22). The growth curve can be reasonably drawn within the limits of the four years' data. Therefore, it is not too much to say that the three modes which appear in the catch by the bait-boats from early spring to early summer every year correspond to the ages at a interval of a year respectively (See also figure 23). From the growth pattern in figure 22, we can regard Group A, B and C as one, two and three age group respectively. NOSE et al³²⁾ assigned the length of the young formation as follows : $l_1=35$, $l_2=50$, $l_3=62$, $l_4=74$, $l_5=85$, $l_6=97$, and $l_7=115$ (in centimeters). Thus, the bigeye reaches 100 cm in length in its fourth year after the present author but in the seventh year according to NOSE et al³²⁾ and there exists large inconsistency between them.

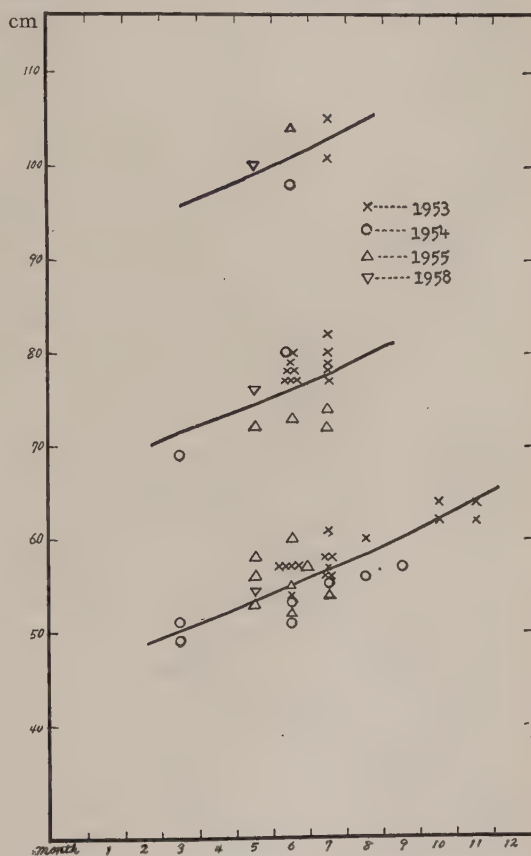


Figure 22. Modes of length and growth curve of bigeye.

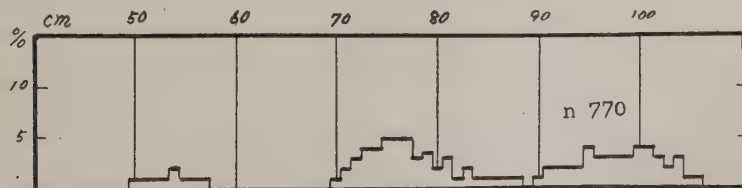


Figure 23. Length composition of bigeye in the Tôhoku Area in May, 1958.

3 Yellowfin tuna

The following authors have reported the age and the growth of yellowfin.

Table 16. Size range of each age of yellowfin by various authors. Length

Investigator	Age	I	II	III	IV	V
KIMURA (converted length)		62	81	106	120	134
AIKAMA et al (length)		38 to 54	54 to 70	70 to 85	85 to 100	100 to 115
AIKAMA et al (weight)		1.5 to 4.3	4.3 to 8.6	8.6 to 14.0	14.0 to 21.4	21.4 to 34.0
SCHAEFER (length)		60 (June)	85 (Jan., Feb.), 98 (June)			
MOORE (length)		54 to 103	103 to 136	136 to 155	155 to 168	
NOSE et al (length)		52 to 64	64 to 76	76 to 88	88 to 99	99 to 109
YABUTA et al (length)		51 to 100	100 to 133	133 to 146		

(1) Age determined with the vertebral bone. AIKAWA & KATO²⁴⁾

(2) Age determined with the scale. NOSE, KAWATSU & HIYAMA³²⁾

(3) Age determined with the weight composition. KIMURA²⁶⁾, MOORE³⁶⁾

(4) Age determined with the length composition. SCHAEFER³⁷⁾, YABUTA YUKINAWA²¹⁾

These results are tabulated referring to NOSE et al³²⁾ (table 16). As seen in the table the growth is slow and takes full five years to reach 100 cm in the cases of AIKAWA et al²⁴⁾ and NOSE et al³²⁾ who used the vertebra and the scale as the age character. On the other hand, in the cases of SCHAEFER³⁷⁾, MOORE³⁶⁾ and YABURA et al²¹⁾ who based on the size composition, the growth speed is large to reach 100 cm in the first two years. Although it needs further discussions to determine the alternative, the author is of opinion that the reliability of a growth curve is largest when the modes of the catch are able to be pursued systematically through the year and the age determination with the character of fish can remain only as a lining of the former unless the mechanism of the year-ring formation is clarified at least. The pursuit of the modes may be difficult if the fish is not commercially caught almost through the year and fortunately the yellowfin tuna is the case. The analysis by YABUTA et al²¹⁾ is founded on the rich data in three years and is the most reliable one among the studies conducted so far.

5.4 Comparison

Since the objects of this study are restricted to the young tunas captured by bait boats in most cases as stated in Chapter 1, the comparison of growth between the fish is limited to the fish under 100 cm in body length.

The growth pattern of albacore is already established and that offered by AIKAWA et al²⁴⁾ was adopted. As to bigeye the author used the growth curve presented by him and in the case of yellowfin the curve by YABUTA et al²¹⁾ was applied. These growth curves are shown in figure 24. We can see from this figure that the yellowfin grow very quickly, growth of albacore is slow and that of bigeye is intermediate.

Next, we speculate the meanings of this growth difference. The albacore and the bigeye, as pointed out in Chapter 2, take the area with the anticyclonic eddy, centre

in cm and weight in kg.

VI	VII	VIII
15 to 130	130 to 145	145 to 160
4.0 to 44.0	44.0 to 57.5	57.5 to 75.0
9 to 119	119 to 127	127 to 135

ern in most cases, the locomotion is conceivably less intense than that of the albacore. We can partly explain why the albacore is most slow in growth, followed by the bigeye, from these respects.

The yellowfin prefers the resident pattern (depending on the islands and reefs). The environment around the islands and reefs is rich in food as well known, and besides it is natural that the fish depending on the reefs is small in locomotion. The progression of the growth pattern, albacore toward yellowfin, fairly corresponds to these circumstances.

by the outer cold zone in the subsurface layer as the living territories. This area is low in productivity and poor in planktonic organisms (MARUMO³⁸) and NAKAI³⁹). On the other hand, since in this area the gradient of any physical quantity is small horizontally as well as vertically and the flowing is mild (KAWASAKI⁹), the locomotion of bigeye and albacore is probably violent, resulting in the large consumption of the energy (In this respect the author is to refer in Part II). The albacore in particular is the species with the very weak nature of dependence, and the locomotion may be very severe (this fish very often takes the "jumping school" pattern). To the contrary, as the bigeye assume the dependent pat-

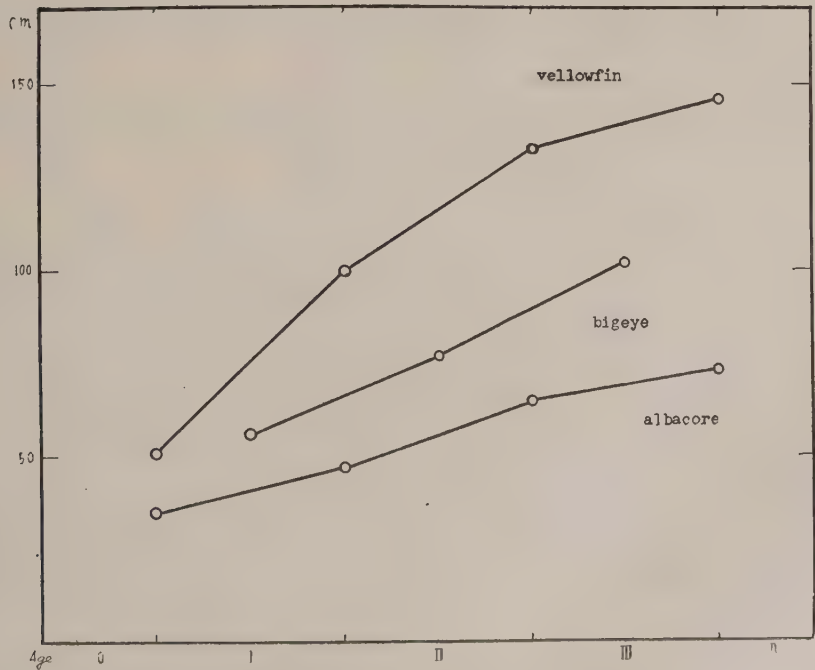


Figure 24. Growth curves of the three tunas.

With the growth of fishes, however, there must be many problems concerning food, sexual maturation etc., other than referred to above. Unfortunately the author could not deal with these aspects by lack of data and in this paper he is obliged to do tentative reasoning, leaving a problem to be solved in future.

6. Discussion

We can summarize those stated from the beginning of this paper as in table 17. The tunas divide their habitats among themselves subtly by the difference in distribution and school pattern as indicated in table 17. The bluefin segregate their habitat definitely from the albacore and the bigeye, the former inside and the latter outside, putting the stream axis of the Kuroshio Current between these two groups. The bluefin and the yellowfin horizontally segregate from each other with a partial overlapping as a result of what the yellowfin is euryhaline. Namely, it may be said that the bluefin segregates their habitat from the other three species.

Table 17. Ecological characteristics of the four tunas.

	Distribution	School pattern	Growth	Adaptability in salinity	Co-existence with other species
Bluefin	Contact zone between the Kuroshio and the coastal water.	Resident pattern and migratory pattern. When migratory, independent pattern in most cases.		Low salinity.	Medium.
Albacore	Area centred by the outer cold zone.	In almost all the cases independent pattern.	Slow	High salinity. Very stenohaline.	Weak.
Bigeye	The same as albacore but somewhat north.	Never assume resident pattern around Japan. depending pattern in major cases.	Medium.	High salinity. Stenohaline.	Strong.
Yellowfin	Around islands and reefs.	Considerably takes resident pattern. In other cases prefers the depending pattern.	Quick	Very euryhaline.	Strong.

The albacore and the bigeye, which overlap each other in the living space, separate their habitats in the manner that the one assumes the independent school pattern and the other takes the depending pattern. The albacore and the bigeye correspond horizontally in part with the yellowfin in the living territory. In the overlapping territory the albacore segregate from the yellowfin by the school pattern, the independent in the former and the resident in the latter, and the bigeye are isolated from the yellowfin also by the school pattern, the depending in the former.

In this way the four species of *Thunninae* radiate adaptively in the Kuroshio Area, overlapping one another in life conditions and form a link in the ecosystem of waters adjacent to Japan.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author is deeply indebted to Dr. K. KIMURA, the Director of this Laboratory, for his guidance through the course of this study and to Dr. M. HATAHAKA of the Tôhoku University for his useful suggestions in reading the manuscript. The author wishes to thank most sincerely to the members of this Laboratory and the Fisheries Research Section of the Tôkai University who have engaged in the collection of data. The collection of data is also greatly owed to the crews of the fishing boats and personnels of the fish markets. The author expresses his heartfelt thanks to all.

REFERENCES

- 1) HOAR, W.S. : J. Fish. Res. Bd. Canada, 15 (3), 391—428, (1958)
- 2) WINN, H.E. : Ecol. Monog. 28(2), 155—191 (1958)
- 3) KISHINOUE, K. : Jour. Coll. Agri. Imp. Univ. Tokyo, 8 (3), 293—475 (1932)
- 4) GODSIL, H.C. & R.D. BYERS : Fish Bull., 60, 1—131 (1944)
- 5) FRASER-BRUNNER, A. : Ann. Mag. Nat. Hist., 12 (3), 131—163 (1950)
- 6) MATSUBARA, K. (1955) Fish Morphology and Hierarchy Part I 789 p.; Tokyo; ISHIZAKI SHOTEN
- 7) ODUM, E. P. (1953) Fundamentals of Ecology, PHILADELPHIA; W. B. SAUNDERS COMPANY
- 8) KAWASAKI, T. & Y. AIZAWA : Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 6, 81—92 (1956)
- 9) KAWASAKI, T. : Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 9, 69—110 (1957)
- 10) KAWASAKI, T. : Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 10, 29—46 (1957)
- 11) KAWASAKI, T. : Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 11, 65—81 (1958)
- 12) KAWAI, H. : Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 4, 1—46 (1955)
- 13) UDA, M. : Rec. Ocean. Wor. Japan, 2, 141—150 (1955)
- 14) KAWASAKI, T. : Japan. Jour. Ecol., 8 (4), (1959)
- 15) KIMURA, K. : Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 3, 1—87 (1954)
- 16) KAWASAKI, T. : Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 10, 17—28 (1957)
- 17) SUDA, A. : Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 20 (6), 460—468 (1954)
- 18) SUDA, A. : Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 21 (5), 314—319 (1955)
- 19) SUDA, A. : Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 21 (12), 1194—1198 (1956)
- 20) HOMMA, M. & T. KAMIMURA : Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 20 (10), 863—869 (1955)
- 21) YABUTA, Y. & M. YUKINAWA : Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., 5, 127—133 (1957)
- 22) FUKATAKI, H. : Lecture in the seventh assembly of saury research held on the 8th, March, 1958.
- 23) KAWASAKI, T. : Unpublished.
- 24) AIKAWA, H. & M. KATO : Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 7 (2), 79—88 (1938)
- 25) SELLA, M. : R. Comit. Talasso. Ital., Memoir 156, 1—24 (1929)
- 26) KIMURA, K. : Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 1(1), 1—4 (1932)
- 27) WESTMAN, J.R. & W. C. NEVILLE (1942) The tuna fishery of Long Island, N. Y. Board of Supervisors, Nassau County, Long Island, N.Y.
- 28) IMAMURA, H. : Suisan-Koza Gyogyo-hen, 6, 85—194 (1953)
- 29) UNO, M. : Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 4 (5), 307—309 (1936)
- 30) UNO, M. : Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 5 (4), 235 (1937)
- 31) PARTLO, J.M. : J. Fish. Res. Bd. Canada, 12(1), 35—60 (1955)
- 32) NOSE, Y., H. KAWATSU & Y. HIYAMA : Suisangaku-Shusei, 701—716 (1957)
- 33) NAKAMURA, H., KAMIMURA, T. & Y. YABUTA : Contrib. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., 1, (1953)
- 34) KAMIMURA, T. & M. HOMMA : Contrib. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., 1 (1953)
- 35) IVERSEN, E.S. : Spec. Sci. Rep., Fish., 162, 1—40 (1955)
- 36) MOORE, H.L. : Fish. Bull., 65, 133—149 (1951)
- 37) SCHAEFER, M.B. : Fish. Bull., 44, 197—200 (1948)
- 38) MARUMO, R. : Rec. Ocean. Wor. Japan, 2(2), 115—119 (1955)
- 39) NAKAI, J. : Rec. Ocean. Wor. Japan, Sp. No., 103—119 (1957)

◀ 和 文 抄 録 ▶

カツオ・マグロ類の生態の比較について 其の一

川 崎 健

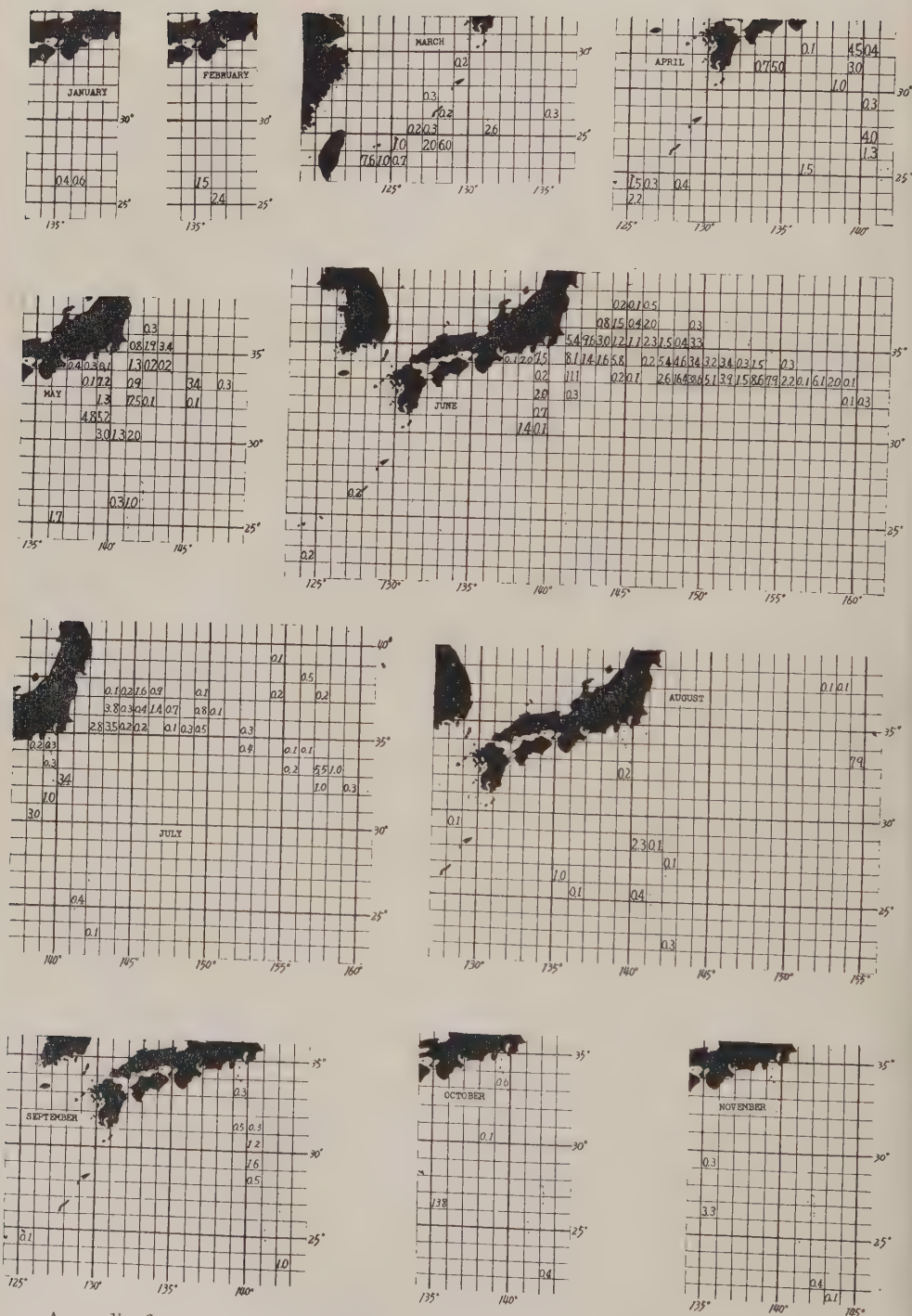
日本近海のカツオ竿釣り漁業によつて 4 種類のマグロ類（ビンナガおよびクロマグロ・メバチ・キハダの若年魚）が漁獲される。筆者はこのカツオ竿釣り漁業に関する資料を解析して、マグロ類の各々の種の生態的な相違を調べた。

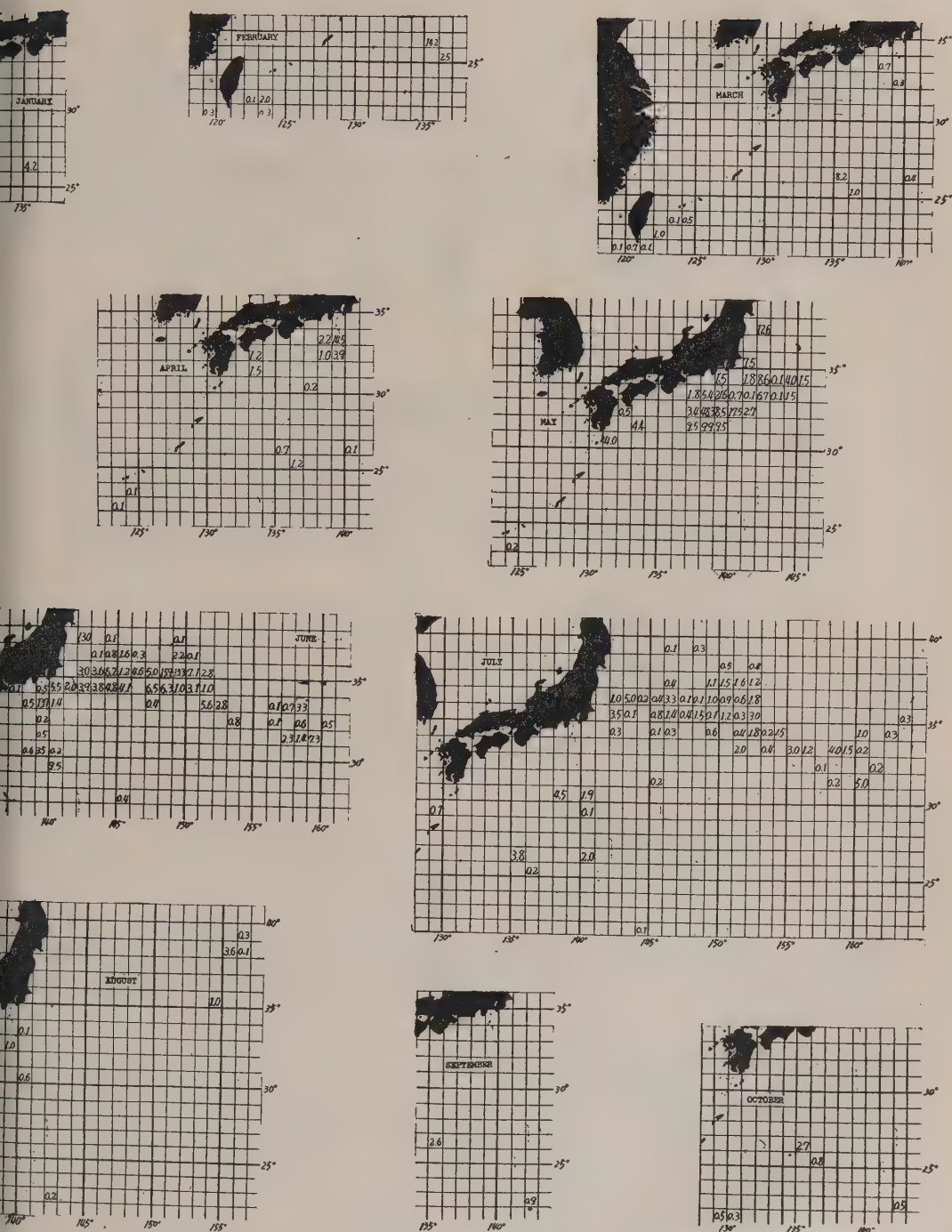
日本近海は寒暖両流が複雑に配置した特異な海洋構造を示して居り、暖水性のマグロ類にとつては分布の縁辺となつてゐる。このような条件の下では、魚類の生態的な諸特性が鋭く分離して現れる。

先ず棲息水域についてみると、クロマグロは黒潮の流軸部の沿岸側の低塩部に分布し、ビンナガとメバチは流軸の右側（沖側）を走る最高水温帯の更に右側の、右旋性の渦流を伴つた暖水塊（高塩部）に分布し、キハダは伊豆・小笠原の列島線周辺・西南諸島の東海側および高鵬礁（島嶼や海礁の周辺部）に主として分布している。すなわち、クロマグロ・ビンナガおよびメバチ・キハダの三つのグループは、それぞれ沿岸性・低温性、沖合性・高塩性、島嶼性・広塩性で、棲息環境の塩素量の相違に影響されて生理的に棲みわけてゐることになる。

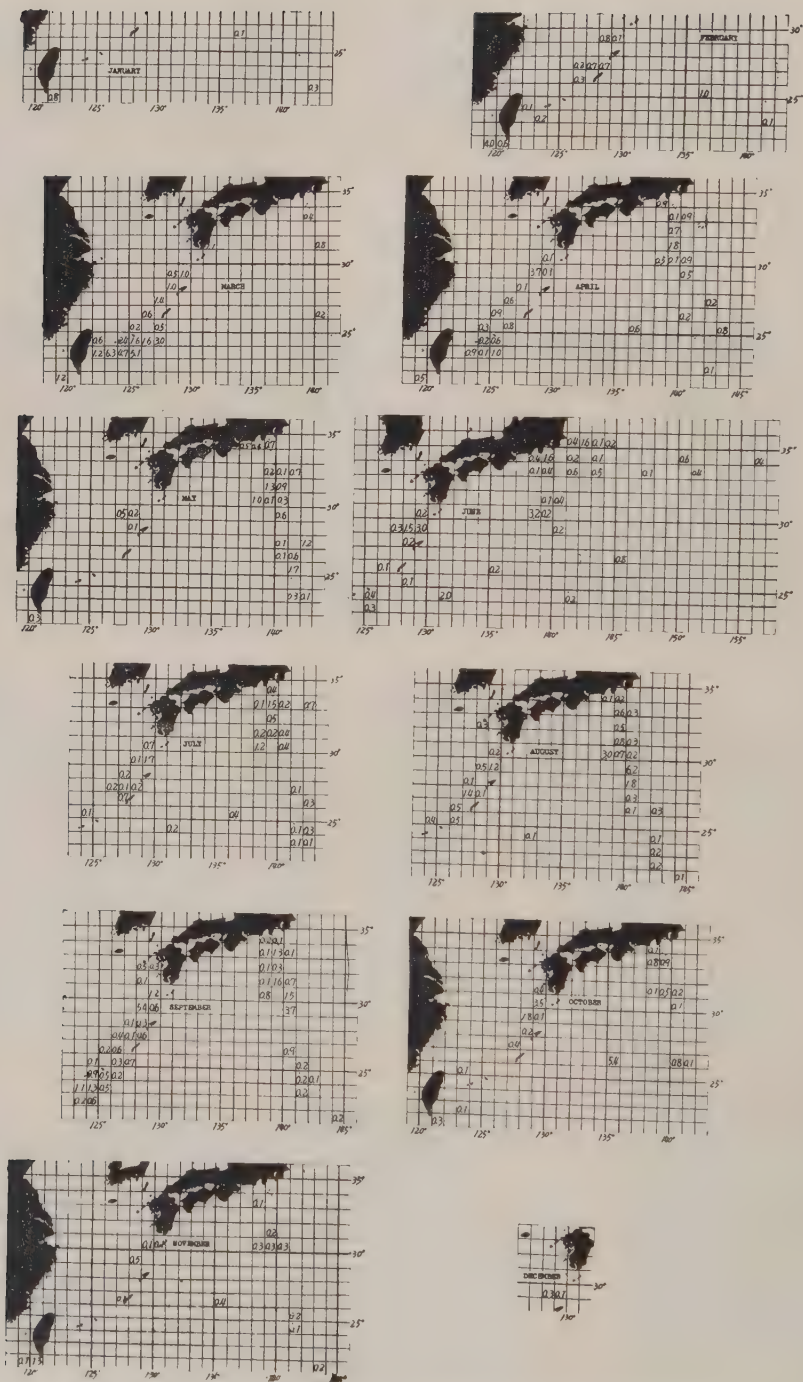
次にこれらの 4 種の成群形態を他物に対する依存関係を基準にして考えると、クロマグロは瀬付形態か鳥付形態、ビンナガはほとんどが鳥付形態、メバチは主として木付か鮫付形態、キハダは瀬付形態か木付形態をとる。ビンナガとメバチは棲息域が重つてゐるのであるが群態で棲みわけて居り、又メバチとキハダは島嶼の周辺で生活の場が重つてゐるが、やはり群態を通じて棲みわけて居る。

ビンナガ・メバチ・キハダの 3 種の成長を比較すると、キハダがもつとも成長量が大きくメバチが之に次ぎ、ビンナガはもつとも小さい。このような相違は、部分的には以上に述べた生態上の相違に関連してゐると考えられる。

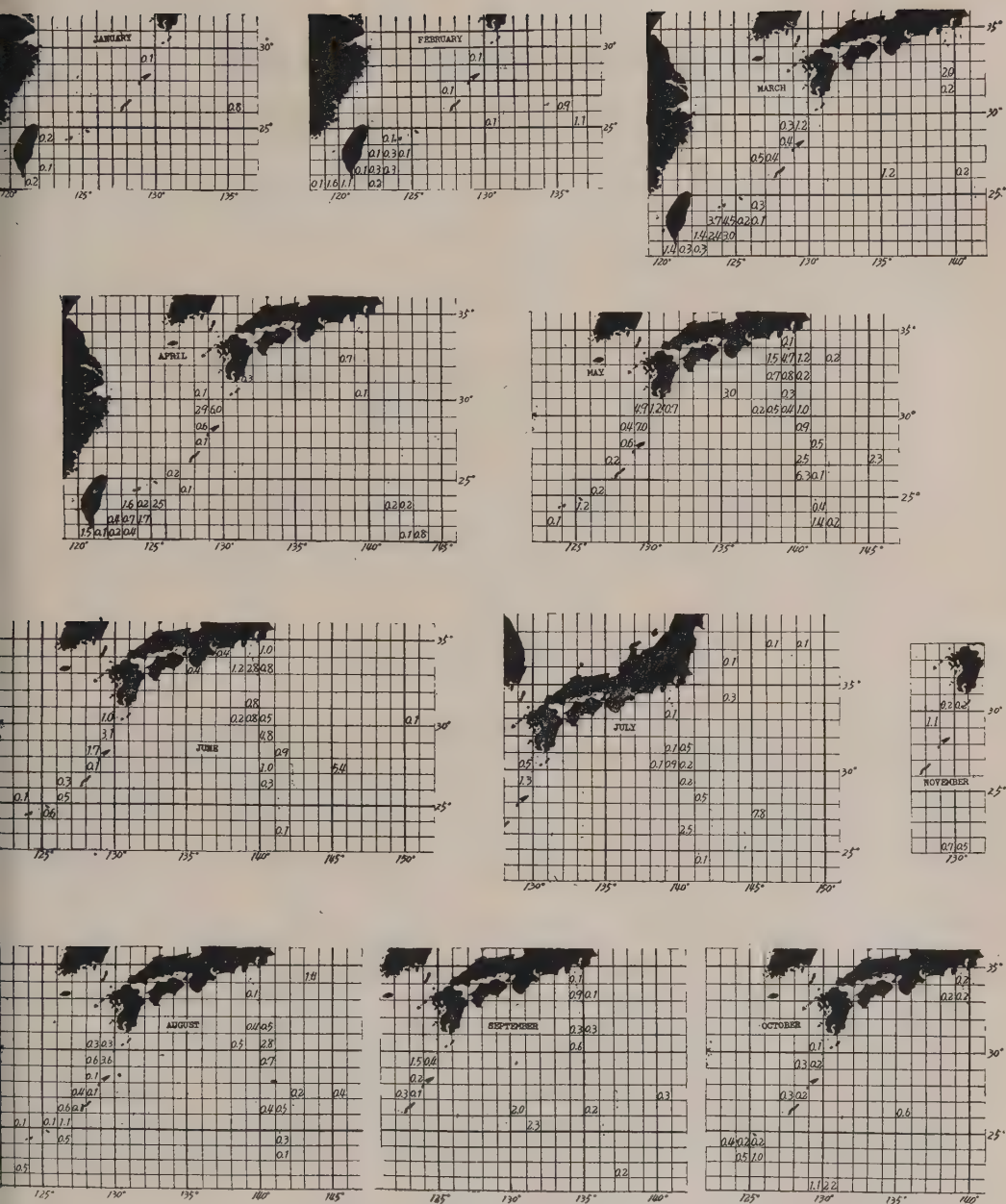




Appendix figure 2. Distributions of bigeye yields of each rectangle one degree of latitude by one degree of longitude in 1956. Unit of yield is 3.7 metric tons.



Appendix figure 3. Distributions of yellowfin yields of each rectangle one degree of latitude by one degree of longitude in 1955. Unit of yield is 3.7 metric tons.



Appendix figure 4. Distributions of yellowfin yields of each rectangle one degree of latitude by one degree of longitude in 1956. Unit of yield is 3.7 metric tons.

東北・北海道太平洋沿岸海域動物 プランクトンの群集生態学的研究※

第 1 報 群集の統計的研究法の吟味 並びに春季群集の水塊指標性

浜 井 生 三 ・ 阿 部 進

ECOLOGICAL STUDIES ON THE ZOOPLANKTON COMMUNITY IN THE PACIFIC AREA OFF THE TOHOKU AND HOKKAIDO REGIONS.

I. STATISTICAL METHODS OF ANALYSIS OF THE PLANKTON COMMUNITY, AND THE SPRING COMMUNITY AS AN INDICATOR OF WATER MASS.

By

Ikusô HAMAI and Susumu ABE

1) On April 14-21, 1955, the sea area east of the Hatinoh-Erimo line off the Tohoku and Hokkaido Regions was surveyed by No. 1 Asahi-maru, a research ship of the Tohoku Regional Fisheries Research Laboratory, for planktological research. The plankton was collected by the Marutoku net hauled vertically from 150 m. depth to the sea surface, and simultaneously water temperature and chlorinity were also observed. On the basis of these observations the possibilities indicating water masses by plankton communities have been discussed.

2) The frequency distribution of the weight of each plankton animal can approximately be normalized by converting it into the fourth power root.

3) Three statistical methods of stratification of plankton communities were examined and discussed on their utility for the indication of water mass, *i. e.*

(i) The stratification by means of the coefficient of closeness, $p_{ij} = c_{ij} / \sqrt{s_i \cdot s_j}$ where c_{ij} is the number of common species between the stations, i and j , and s_i and s_j are total numbers of species in the two stations respectively, among all stations of observation.

(ii) The method elucidating the degree of similarity or difference among the stations of observation is by means of the factor analysis on the matrix of correlation coefficients between stations regarding quantitative composition of species.

(iii) By means of the factor analysis on the matrix of correlation coefficients between the important species occurring in many stations and the environmental factors as expressed by water temperature, chlorinity, both represented by the values of 100 m. depth layer, and hours from the time of solar culmination to that of collection or *vice versa*.

rs, roughly parallel to the light intensity, the most stable association between the species is found and the communities are stratified by such associative species as dominances in the community.

4) Each method mentioned above can distinguish the water mass in the warm current area from that in the cold current area or the mixed area, however, for distinguishing various water masses in detail the method (iii) is most adequate.

5) Analysing the ten important species and the environmental factors by the method (i), the associative relations among the species were elucidated as follows: *C. cristatus* associates most intensively with *Eucalanus giesbrechti* and both are opposite against *C. plumchrus*, *Metridia lucens* being intermediate between these opposite groups, and these four species determine the community as a dominant or subdominant species respectively. *Uca* sp. and *Themisto* sp. occupy a position following these four species in the community, but *Euphausia pacifica*, *Pseudocalanus elongatus*, *Aglantha digitale* and *Sagitta elegans* are decidedly affected by the light factor, as the vertical diurnal migration is so great that they can change a quantitative composition of the community.

6) The zooplankton communities classified by the method (iii) are as follows:

- | | | |
|------------|----------|---|
| Group I. | Type 1. | <i>Calanus plumchrus</i> - <i>Metridia lucens</i> Community, |
| | Type 2. | <i>C. plumchrus</i> - <i>Eucalanus giesbrechti</i> Community, |
| | Type 3. | <i>C. plumchrus</i> - <i>C. cristatus</i> Community, |
| Group II. | Type 4. | <i>Metridia lucens</i> - <i>C. plumchrus</i> Community, |
| | Type 5. | <i>M. lucens</i> - <i>E. giesbrechti</i> Community, |
| | Type 6. | <i>M. lucens</i> - <i>C. cristatus</i> Community, |
| Group III. | Type 7. | <i>Eucalanus giesbrechti</i> - <i>C. plumchrus</i> Community, |
| | Type 8. | <i>E. giesbrechti</i> - <i>M. lucens</i> Community, |
| | Type 9. | <i>E. giesbrechti</i> - <i>C. cristatus</i> Community, |
| | Type 10. | <i>Calanus cristatus</i> - <i>C. plumchrus</i> Community, |
| | Type 11. | <i>C. cristatus</i> - <i>M. lucens</i> Community, |
| | Type 12. | <i>C. cristatus</i> - <i>E. giesbrechti</i> Community. |

Of these communities, Types 3 and 10 were not found in this survey.

7) Synthetizing the oceanographical data such as water temperature, chlorinity, T-S diagram and previous records of observation, and the associative relations between the dominant and subdominant species, it is concluded that the communities of Group I mentioned above belong to the water masses in the warm current (Tugaru Warm Current) area, Group III to those in the cold current (a branch of the Oyashio Current) area, and Group II to those in the latter partly mixed with the former or coastal water masses.

8) As it is clear that zooplankton communities change seasonally and dominant species alter successively, it is, then, necessary to observe the communities of every season in advance for the use of indicators of water masses throughout the year. Accordingly the results of this survey show only the indicator communities in April.

プランクトンと環境との関係については多数の研究があり、プランクトンと海況との関係からプランクトンの水塊指標性が論ぜられた (例えば Russell¹⁾, Fraser²⁾, 木村・小達³⁾)。そして各種のプランクトンについては詳細な研究によつて水塊を指示する可能性が認められた (例えば Russell¹⁾; Clarke, Pierce and Bumpus⁴⁾; Bumpus⁵⁾ 等)。しかしプランクトンは一般に環境に対する適応が相当広く、東北・北海道太平洋岸海域のような、襟裳岬沖合からは親潮の接岸枝が三陸沿岸に向つて南下し、対馬暖流は津軽海峡を通つて日本海よりこの海域に流入し、1部は東北地方沿岸を南下、1部は北海道岸に向つて張出し、或はまた黒潮の北上接岸分枝は時に

より八戸沖合まで突込んで来て暖水塊を残すというような複雑な海流の交錯があり、従つて所に暖流系、寒流系或はその混合系の水塊が入り混じつて存在するような海域では、プランクトンの分布も極めて複雑であり、こゝで観察されるプランクトンの多くは量の多少はあつても暖流・寒流系・混合系のいずれにも見出され、多くの場合、個々のプランクトン動物の量的分布かは水塊指標性を確認することが困難であるから、それぞれの水塊に特有の種類を見出すか、或他の適当な方法の発見に努める必要がある。プランクトンがその性質上、1つの水塊を離れなで生活するという仮定から、水塊を区別し、唯1点の観測でもその点の性状を指示する可能性生れて来るからである。

プランクトンは1つの生物群集である。従つて群集として環境と融合する。プランクトンをつかの単位群集に区分すれば、それぞれの群集はそれぞれの水塊に対応するはずである。こゝに着目して本研究が進められ、(1) 種類間の群集としての関連の強弱による群集区分、(2) 各地の群集間の関連の度合よりする地域的区分、の2つの方面から海況とプランクトン群集との関が分析せられ、それによつて水塊指標性が論議せられた。こうして群集の水塊指標性の確認と春季の群集についての1部をこゝに報告し、他の時季に関しては続報する予定である。

本論に入るに先立ち、本稿の製図に当られた三河正男技官に感謝の意を表する。

プランクトンの採集及び海況観測

1955年4月14日、東北水研調査船第1旭丸は鯨角を発して鯨角一襟裳線(St.1~St.11)、襟裳正東線(距岸50哩、 $144^{\circ}20'E$ まで、St.12~St.20)、それより折返して襟裳岬 SSW, $41^{\circ}30'N$ の点まで(St.20~St.28)、それより再び東に向い、 $144^{\circ}30'E$ まで(St.28~St.35)、それより反転して鯨角に直航(St.35~St.46)、4月21日帰港するまでの8日間に涉つて総計46点プランクトンの採集と水温・塩素量の観測を行つた(三河正男技官による)。プランクトンの採集は⑤プランクトンネットを用い、水深150mより表面までの鉛直曳による試料のみを本研究の材料とした。プランクトン生物はホルマリン固定後、種別に湿重量を測定した。各点の測定値及び観測値は東北水研八戸支所の年報⁹⁾に集録されている。

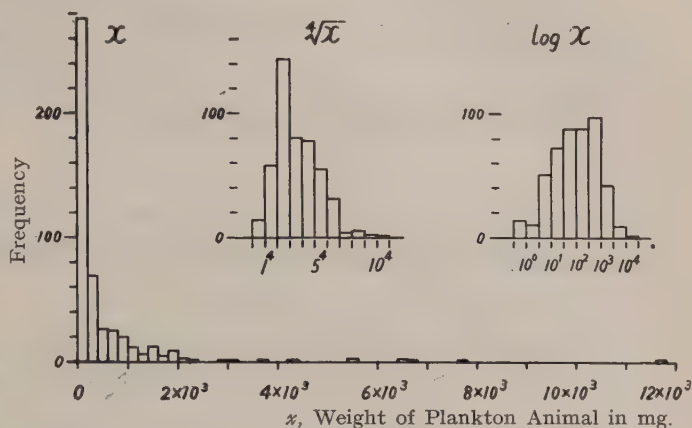
統計的分析の方法

1) 標本分布

1つのプランクトン群集の内部におけるプランクトン動物の空間分布を知ることは、それか任意に抽出した標本としての採集量を統計的に取扱うために必要であるが、同一地点から多数回繰返して、或は同時に採集した例は殆んどなく、今回の観測でも行われなかつた。従つて空間分布を適確に知ることは出来ないが、どの種類も同じ型の分布をするものと仮定して、全海域のプランクトンを1つの集団と考え、各採集点からの種類別重量を任意抽出標本と見做し、その分布の型を以つてプランクトンの分布の型と見做した。そうするとその分布は逆J型となる(第1図)。この型の分布を4乗根変換によつて正規型に近似せしめることは既に淡水産微小プランクトンの個体数において浜井⁷⁾の用いた所であり、また Motoda and Anraku⁸⁾ は海産プランクトンの

個体数を対数変換した。そこでこの場合も4乗根と対数の両変換を試みると、いずれもほぼ同程度に正規型に近似する(正規確率紙で検討した)が、4乗根はやゝ左に偏より、対数はやゝ右に偏よる(第1図)。従つてこの

程度の近似をとるとすれば、どちらでもよいことになるが、0の取扱いの便からすれば4乗根の方がよいから、こゝでは4乗根変換をとることにする。本研究で種類別個体数をとらないで重量を用いたのは、個体の大きさと関係なくプランクトンの生産量をより適格に表現すると考えたからである。



第1図 種類別採集量の度数分布

Fig. 1. Frequency distribution of the wet weight (x) of each species of plankton animals.

2) 因子分析

各観測点より得られたプラ

ンクトン動物の重量組成をその地点の群集組成とみなし、28点以上に出現した重要な種類10種について、環境を考慮しながら種類間の関連の度合を測るために、それぞれの種類と水温・塩素量・採集時刻の全部で13個の要因について各観測点の値を対応値として相関係数行列を作った(第1表)。但し水温・塩素量は木村・小達³⁾と同じく0~150m層の代表値として100m層の値を用いた。またプランクトンの日週期鉛直移動の要因については多数の研究があり、種々の要因が考えられているが、直接的刺激は光と重力である⁹⁾ことから、採集時刻を光に関する要因として、太陽の正中時より採集時までの時間の絶対値で表わした。太陽正中時は広い海面では地点により多少の遅速があるが、4月17日・18日頃の41°30' N, 143° E 地点(調査海面のほぼ中央)附近の時刻、即ち日本標準時でおおよそ11.14時を用いた。

次に採集地点間の群集組成の近似の度合を測るために地点間の近接率⁷⁾及び地点間の同一プランクトン動物量を対応値とする相関係数行列を計算した。

以上2つの相関係数行列について Holzinger の因子分析法⁷⁾により2つの要素 j ($=1, 2, 3, \dots, n$) 及び k ($=1, 2, 3, \dots, n$) の間の相関係数 r_{jk} (但し $j \neq k$) を

$$r_{jk} = \frac{\sum K_{js} K_{ks}}{\sum K_{js}^2} \quad (s=1, 2, \dots, n)$$

し、相関係数行列において

$$\text{各列の和} \quad S_j = \left(1 + \frac{1}{n-1}\right) \sum r_{jk} = \left(\frac{n}{n-1}\right) S_j'$$

$$\text{全体の和} \quad T = \sum S_j = \left(\frac{n}{n-1}\right) \sum \sum r_{jk} = \left(\frac{n}{n-1}\right) T'$$

置けば、第1因子負荷量は

$$K_{j1} = \left(\frac{n}{n-1}\right) S_j' / \sqrt{\left(\frac{n}{n-1}\right) T'} = S_j' \sqrt{\frac{n}{(n-1) T'}}$$

で求め、第2因子負荷量 K_{j2} 以下は剰余を

$${}_1r_{jk} = r_{jk} - K_{j1}K_{k1}$$

として ${}_1r_{jk}$ について同様の操作によつて求められる (平均解, averoid solution)。但し観測点間の相関係数行列では観測点の数が多いから重心解 (centroid solution) によつた。かくて因子負荷量 K_{js} を第3次 ($s=3$) まで求めた。第3次の剰余 ${}_3r_{jk}$ はかなり小さくなつたので第3次で打ち切つたが、相関係数に關与する要因の大部分は第3次までの因子負荷量に含まれることになる。

3個の因子負荷量 K_{j1} , K_{j2} , K_{j3} を3次元空間の点の座標と考えれば、各点は3つの共通因子 K_1 , K_2 , K_3 の組合せによつて決定せられ、各点間の位置關係によつて相互の親疎關係を言ふことが出来る。但し具体的に各要因が何を意味するかは不明であるが、環境要因を示す点に座標軸を合わせるように座標変換すれば、その軸はその環境要因の大きさを示す座標を与えることになる。また原点から各点までの距離 (h) は、各点が原点から離れるほどそれぞれの要因との關連が正或は負に深いことになるから、方向を考慮すれば各点間の共通度の尺度となる。

出 現 し た 種 類

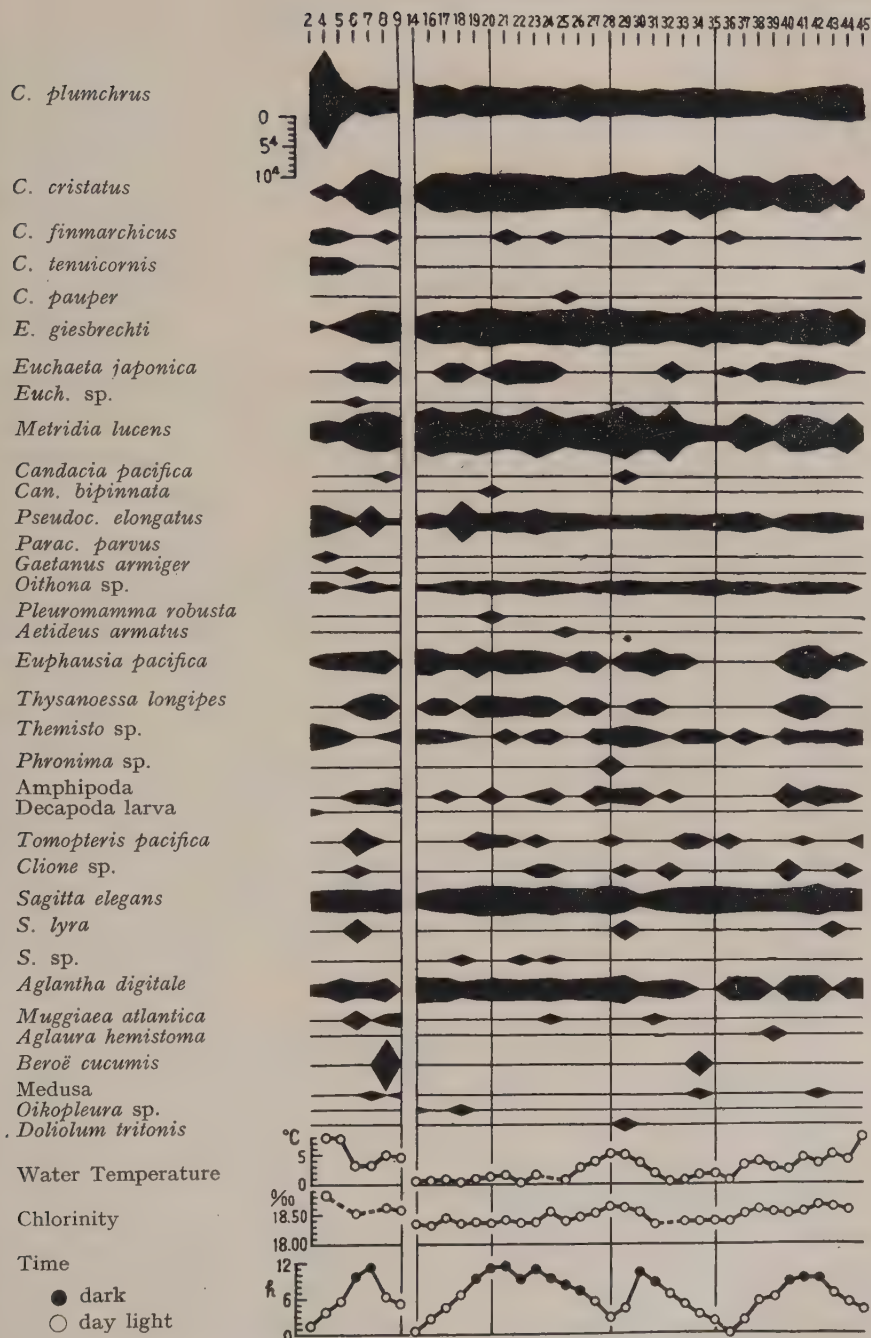
この観測ではプランクトンネットの性質上、マクロプランクトンに限られ、しかも出現した種類を詳細に調べ上げたものでなく、個体数の多い重要な種類、大型の目に付き易い種類等に重点を置いた観察であるから、観察もれの種類も相当あると思われるが、重量組成の主要部分は観測されている。従つて群集構成の主要部分であると言える。

多数の観測点に出現した重要な種類は

1. <i>Calanus plumchrus</i>	38 点 (全観測点)
2. <i>C. cristatus</i>	35 点
3. <i>Eucalanus giesbrechti</i>	37 点
4. <i>Pseudocalanus elongatus</i>	38 点
5. <i>Metridia lucens</i>	38 点
6. <i>Oithona</i> sp.	35 点
7. <i>Temisto</i> sp.	28 点
8. <i>Euphausia pacifica</i>	30 点
9. <i>Sagitta elegans</i>	38 点
10. <i>Aglantha digitale</i>	33 点

の10種である。これらに次いで *Euchaeta japonica* (19点), *Thysanoessa longipes* (18点), Amphipoda の1種 (15点), *Tomopteris pacifica* (12点), *Clione* sp. (10点), *Calanus finmarchicus* (8点) 等がみられ、2~5点で採集されたものに *Muggiaea atlantica*, *Beroë cucumaria* クラゲの1種, *Calanus tenuicornis*, *Candacia pacifica*, Decapoda の larva, *Sagitta lyrata*, *Sagitta* sp., *Oikopleura* sp. 等があり、*Calanus pauper*, *Euchaeta* sp., *Candacia bipinnata*, *Paracalanus parvus*, *Gaetanus armiger*, *Pleuromamma robusta*, *Phronima* sp., *Aetideus*

Station of Observation



第 2 図 観測点毎の種類別プランクトン量及び環境要因 (時間は太陽正中時から採集時まで、或はその逆の時間を示す)

Fig. 2. The wet weight of each species of plankton animals and the environmental factors, in each station of observation.
(The time factor is expressed in terms of an interval from the time of solar culmination to that of collection or vice versa.)

armatus, *Aglaurea hemistoma*, *Doliolum tritonis* 等は僅かに 1 点ずつで観察されたに過ぎない以上全点で総計 35 種が観察され、各観測点の出現種数は 8~18 種であつた (第 2 図)。

これらの中、多くの種類は冷水種であるが、高温水域にも分布するものもある。例えば東京湾~八丈島間の黒潮本流横断線で 1949 年 4 月に *C. plumchrus*, 5 月に *Eucalanus giesbrechti*, 1948 年 8 月と 1949 年 5 月・6 月に *Muggiaca atlantica* が観察され(下村¹⁰⁾)、速州灘沖合の潮域で 1955 年 5 月に *C. finmarchicus*, *Paracalanus parvus* (ともに沿岸部に多く暖流域に殆んどない。この時季に普通に出現する沿岸水塊指標種であるという), *C. tenuicornis* (冷水の周囲に分布), *Candacia bipinnata* 等を認め (Honjo, Ohta, Kidachi, Umeda and Kudoh¹¹⁾)、同海域で *Euphausia pacifica* が観察された (Honjo¹²⁾)。また同じ黒潮水域で 6 月~7 月にも *C. finmarchicus*, *C. tenuicornis*, *Paracalanus parvus*, *Gaetanus armiger*, *Pleuromamma robusta*, *Candacia bipinnata*, *Euphausia pacifica* 等が見られた (Nakai et al.¹³⁾)。また八丈島の東岸で 1953 年 8 月に *C. tenuicornis*, *C. pauper*, *Paracalanus parvus*, *Candacia bipinnata* 等が採集され (Motoda and Anraku¹⁴⁾)、小笠原諸島周辺では *C. tenuicornis*, *C. pauper*, *Paracalanus parvus*, *Aetideus armatus*, *C. bipinnata* 等 (Anraku¹⁵⁾)、北西太平洋(東北・北海道沖合)の鯨漁場では 1951 年及び 1952 年の 8 月・9 月に *C. plumchrus*, *C. cristatus*, *C. tenuicornis*, *Paracalanus parvus*, *Metridia lucens*, *Candacia bipinnata* が観察された (Anraku¹⁵⁾)。津軽海峡西口附近で Motoda and Anraku¹⁶⁾ の 1953 年 10 月に採集した種類の中には *C. plumchrus*, *C. cristatus*, *C. tenuicornis*, *Metridia lucens*, *Euphausia pacifica*, *Aglantha digitale* 等が含まれている。北海道西岸の対馬暖流域においても *C. plumchrus*, *Metridia lucens* は主要なものであり、*C. tenuicornis*, *C. finmarchicus*, *Euphausia pacifica*, *Aglantha digitale*, *Sagitta elegans* 等もみられる (北水試・北水研¹⁷⁾)。これらの採集記録をみて、冷水性とみられている種類も暖水域に、また暖水性の種類も相当広くこの海域に入り込んでいると思われる。このような広域分布は各種の渦流の発生・移動・混合等によつて起るのであろう。

種間の関連及び環境との関係

上述の重要種 10 種と水温・塩素量・採集時刻と 13 個の因子相互間の相関係数行列 (第 1 表) より求めた因子負荷量 K_{j1} , K_{j2} , K_{j3} (第 2 表) を見易くするために、その直交座標において K_1 軸が時刻の点を通るように座標軸を廻転すると、 K_{j1}' , K_{j2}' , K_{j3}' が得られ (第 3 図) *Sagitta elegans*, *Pseudocalanus elongatus*, *Euphausia pacifica*, *Aglantha digitale* 等の点 K_1' 軸に沿つて位置し、時刻と正の関係が認められる。即ち他の要因よりも時刻との関連が大きく、夜間に多く出現することを意味する。従つてこれら 4 種は日週期活動のため 1 日の中の増が著しく、群集中に占める位置が安定しないから、群集を代表する種類とはならない。また原からの距離即ち共通度 (h_j) も比較的小さいから、他種に比して 3 つの要因に対する共通性も小さい。*Oithona* sp. と *Themisto* sp. とは K_2' 要因の影響が他の要因よりも大きいが、 K_2' 要因に関してはもつと顕著な *C. cristatus*, *Metridia lucens* があり、同程度に K_3' 要因の大

Table 1. Coefficients of correlation between the important species occurred in many stations and the environmental factors.

Factor	1 <i>C. pl.</i>	2 <i>C. cr.</i>	3 <i>Euc.</i>	4 <i>Met.</i>	5 <i>Pseud.</i>	6 <i>Oith.</i>	7 <i>Eugh.</i>	8 <i>Them.</i>	9 <i>Sag.</i>	10 <i>Ag.</i>	11 <i>Wt.</i>	12 <i>Cl.</i>	13 <i>T.</i>
1. <i>Calanus plumchrus</i>	0.187												
2. <i>C. cristatus</i>	-0.674	0.682											
3. <i>Eucalanus giesbrechti</i>	-0.089	0.224	0.188										
4. <i>Metridia lucens</i>	0.192	-0.101	-0.213	0.262									
5. <i>Pseudocalanus elongatus</i>	0.048	0.695	0.150	0.105	0.788								
6. <i>Oithona</i> sp.	0.081	0.117	0.078	0.134	0.187	-0.100							
7. <i>Euphausia pacifica</i>	0.303	0.074	-0.280	0.337	0.064	0.284	-0.123						
8. <i>Themisto</i> sp.	-0.023	0.157	0.480	0.064	0.356	-0.168	-0.007	0.096					
9. <i>Sagitta elegans</i>	-0.022	0.231	0.221	0.663	0.030	0.004	0.402	-0.140	0.158				
10. <i>Aglantha digitale</i>	0.438	-0.304	-0.194	0.036	-0.226	-0.079	-0.058	0.349	-0.150	-0.091			
11. Water temperature	0.029	0.050	0.330	0.047	-0.213	-0.016	0.048	0.395	-0.203	-0.009	0.960		
12. Chlorinity	-0.144	0.163	0.200	-0.225	0.249	0.153	0.566	-0.206	0.237	0.142	-0.205	-0.523	
13. Time*													

* Collection time, expressed by hours from the time of solar culmination to that of collection.

い *C. plumchrus* と比較して、 K_1' : K_2' : K_3' の比は *Oithona* sp. 44 : 100 : 43, *Themisto* sp. 59 : 100 : 51, *C. plumchrus* 32 : 42 : 100 となるから、この3種の中では時刻要因が最も小さく、しかも1つの要因が他の要因よりも顕著に影響している点で *C. plumchrus* が群集の優位種として、また指標種として重要であり、他の2種は2次的な種であると言える。*C. cristatus* は K_2' , K_3' 要因がともに大きく、*Eucalanus giesbrechti* は K_3' 要因が特に大きい。そして共に h が大きく、水温や塩素量と同程度で、水温・塩素量軸を想定すればそれらの軸に対する値は小さく、他の要因の値の方が大きい。しかし *C. plumchrus* は水温と軽微ではあるが正の関係があり、*Eucalanus giesbrechti* は逆の関係がある。塩素量とはいずれも関係が浅い(第3表)。以上の諸関係は第3図から立体的に読み取ることが出来る。環境要因間については、水温も塩素量も採集時刻に対してほぼ同じような関係にあり、水温と塩素量とはほぼ平行的に変異している。このような環境要因間の関連も、種相互間の関連も恐らくこの時季における一時的現象であつて、環境の年週期変化及び群集の季節的遷移によつて時季的变化が起るものと予想される。

Motoda and Anraku¹⁶⁾ は津軽海峡の西口に近く、41°34' N, 139°54' E の地点で、上層の高温層に留まる種類と底層の冷水層に留まる種類とがあり、それらは顕著な昼夜の鉛直移動をしないが、*Themisto* sp. と *Euphausia*

第 2 表 出現プランクトンの主要種と環境要因との因子負荷量 (K_{j1} , K_{j2} , K_{j3}) 及び共通度 (h_j).
 K_{j1}' , K_{j2}' , K_{j3}' は K_1 軸が時刻の点を通るように座標軸を廻転した値.

Table 2. The coefficients of common factors (K_{j1} , K_{j2} , K_{j3}) and the communality (h_j) of the important species and the environmental factors. K_{j1}' , K_{j2}' and K_{j3}' are the values converted into the coordinates as the K_1 -axis passes through the point of the time.

Factor	K_{j1}	K_{j2}	K_{j3}	h_j	K_{j1}'	K_{j2}'	K_{j3}'
1. <i>Calanus plumchrus</i>	-0.257	0.211	0.339	0.474	-0.133	0.177	0.474
2. <i>C. cristatus</i>	0.451	0.450	-0.475	0.795	0.178	0.510	-0.510
3. <i>Eucalanus giesbrechti</i>	0.552	0.078	-0.623	0.836	0.266	0.154	-0.771
4. <i>Metridia lucens</i>	0.230	0.555	0.188	0.629	0.208	0.583	0.111
5. <i>Pseudocalanus elongatus</i>	0.369	0.187	0.272	0.495	0.416	0.235	0.111
6. <i>Oithona</i> sp.	0.295	0.376	-0.103	0.489	0.182	0.415	-0.111
7. <i>Euphausia pacifica</i>	0.306	0.005	0.349	0.464	0.414	0.050	0.222
8. <i>Themisto</i> sp.	-0.260	0.478	0.111	0.555	-0.257	0.437	0.222
9. <i>Sagitta elegans</i>	0.333	0.059	0.115	0.357	0.345	0.105	-0.055
10. <i>Aglantha digitale</i>	0.448	0.299	0.228	0.585	0.455	0.360	0.055
11. Water temperature	-0.640	0.501	0.048	0.814	-0.638	0.407	0.357
12. Chlorinity	-0.407	0.669	-0.262	0.826	-0.557	0.605	-0.055
13. Time of collection	0.543	-0.074	0.218	0.590	0.590	0	0

第 3 表 K_1 軸が水温及び塩素量の点を通るように座標軸を廻転した時の因子負荷量.

Table 3. The coefficients of common factors converted into the coordinates as the K_1 -axis passes through the points of water temperature and chlorinity.

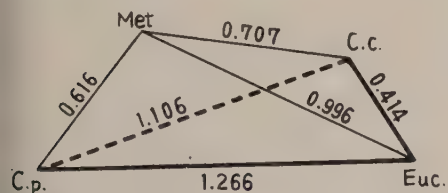
Factor	K_{j1}''	K_{j2}''	K_{j3}''	K_{j1}'''	K_{j2}'''	K_{j3}'''
1. <i>Calanus plumchrus</i>	-0.36	0.01	0.32	-0.19	-0.11	0.42
2. <i>C. cristatus</i>	0.11	0.63	-0.47	-0.29	0.62	-0.40
3. <i>Eucalanus giesbrechti</i>	0.42	0.40	-0.59	0.02	0.51	-0.65
4. <i>Metridia lucens</i>	-0.17	0.58	0.18	-0.28	0.49	0.29
11. Water temperature	-0.81	0	0	—	—	—
12. Chlorinity	—	—	—	-0.82	0	0

pacifica とは大きな水温傾斜を通して顕著な鉛直移動をすることを観察した。*Euphausia* の動は時刻に関しては Motoda and Anraku の観察と一致すると思われるが、幾分か低水温・塩素量を選ぶ性質もあると思われる。*Themisto* sp. は逆に高水温・高塩素量を選び、条件によっては夜間よりもむしろ昼間に多く出現することもあり得ることを示している (第 3 図)。

Euphausia pacifica, *Themisto* sp., *Pseudocalanus elongatus*, *Aglantha digitale*, *Sagitta elegans* 等は上述のように特に時刻 (光要因) に制約されることが多いが、*Calanus plumchrus*, *C. cristatus*, *Eucalanus giesbrechti*, *Metridia lucens* 等は時刻との関連よりもむしろ未知 K_2' 或は K_3' 要因との関連の方が大きく、また水温や塩素量との関連も比較的小さい。そして間の関連においては *C. plumchrus* は *Eucalanus giesbrechti* 及び *C. cristatus* とは最も関が薄く、*Metridia lucens* とはそれよりもやや強い関連を持つ。*Oithona* sp. は K_2' 要因が最も大きい、他の種類に比して特に顕著な関連性を示さず、出現量もまた比較的小さい。従つて

時刻との関連が薄く、時刻以外の要因と顕著な関連を示し、しかも出現量の多い重要な種類は *C. plumchrus*, *C. cristatus*, *Eucalanus giesbrechti*, *Metridia lucens* の4種となる。即ちこの4種をもつてプランクトン群集の代表種とすることが出来る。

この4種と環境要因との関連が余り大きくない(水温・塩素量・時刻に対して)ことは、未知の要因との関連性はしばらく置き、群集内部における種間の関連性を重視しなければならない。この4種の間の関連の強弱は4つの点を頂点とする4面体の各稜の長さによつて表わされる(第4図)。即ち *C. cristatus* と *Eucalanus giesbrechti* とは最も密接に関連し、この両者と *C. plumchrus* とは最も関連が薄い。これら3種を



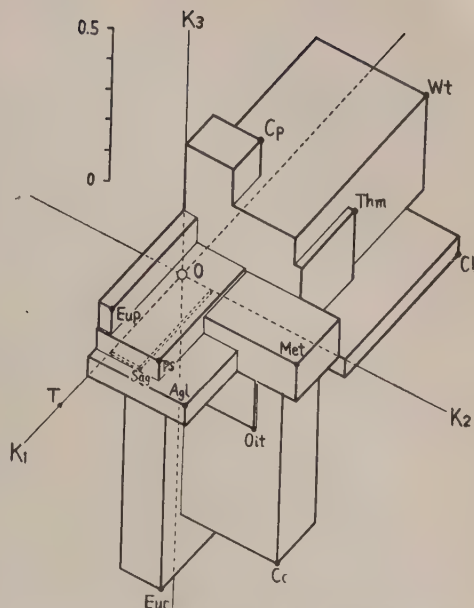
第4図 *C. plumchrus*, *C. cristatus*, *Eucalanus giesbrechti*, *Metridia lucens* の関連の強さを表わす4面体 (数字は稜の長さ即ち第3図の点間の距離、種名略号は第3図と同じ)

Fig. 4. A tetrahedron showing the degree of association among the dominant species, *C. plumchrus*, *C. cristatus*, *Eucalanus giesbrechti*, and *Metridia lucens*. The figures on the edge lines denote the distance between the points of the species. The abbreviations of the species are the same as those in Fig. 3.

頂点とする3角形を底面とすれば *Metridia lucens* は4面体の頂点に位置し、*C. plumchrus* の方に傾き、*C. plumchrus* は *Metridia lucens* と最も密接に関連する。これら4種は全観測点で優位種であり、この中のどれかが優占種となっている。従つてこの関連は優位種間の関連であり、群集を決定する最も大きな要因となる。

種間の関連性より見た群集の区分と水塊指標性

C. plumchrus, *C. cristatus*, *Eucalanus giesbrechti*, *Metridia lucens* の4種のうち、どれ



第3図 主要プランクトン種及び環境要因の因子負荷量 (採集時刻の点を K_1 軸が通るように座標軸を廻転した)

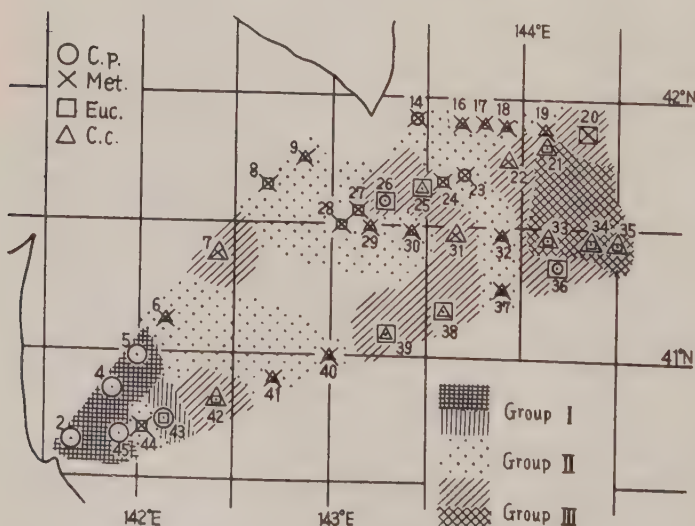
Fig. 3. The coefficients of common factors of the main species and the environmental factors, expressing in the three-dimensional rectangular coordinates, transformed as the K_1 -axis passes through the point of collection-time.

Cp: *Calanus plumchrus*, Cc: *C. cristatus*, Euc: *Eucalanus giesbrechti*, Ps: *Pseudocalanus elongatus*, Met: *Metridia lucens*, Oit: *Oithona* sp., Thm: *Themisto* sp., Eup: *Euphausia pacifica*, Sag: *Sagitta elegans*, Agl: *Aglantha digitale*, Wt: Water temperature, Cl: Chlorinity, T: Time interval from the solar culmination to the time of collection, or vice versa. O: Origin; K_1 , K_2 and K_3 denote the axes of the first, second and third common factors. The scale in the figure gives a measure on the coordinates.

が優占種・亜優占種であるかによつて群集の型を決定すると、次の 12 個の型を考えることができる。

- | | | |
|-------|---|---|
| 群 I | { | 型 1. <i>Calanus plumchrus</i> – <i>Metridia lucens</i> 群集 (St. 2, 4, 5, 45) |
| | | 型 2. <i>C. plumchrus</i> – <i>Eucalanus giesbrechti</i> 群集 (St. 43) |
| | | 型 3. <i>C. plumchrus</i> – <i>C. cristatus</i> 群集 |
| 群 II | { | 型 4. <i>Metridia lucens</i> – <i>C. plumchrus</i> 群集 (St. 14, 23) |
| | | 型 5. <i>M. lucens</i> – <i>E. giesbrechti</i> 群集 (St. 8, 24, 27, 28, 44) |
| | | 型 6. <i>M. lucens</i> – <i>C. cristatus</i> 群集 (St. 6, 9, 16, 17, 18, 19, 29, 30, 32, 37, 40, 41) |
| 群 III | { | 型 7. <i>E. giesbrechti</i> – <i>C. plumchrus</i> 群集 (St. 26, 36) |
| | | 型 8. <i>E. giesbrechti</i> – <i>M. lucens</i> 群集 (St. 20) |
| | | 型 9. <i>E. giesbrechti</i> – <i>C. cristatus</i> 群集 (St. 25, 38, 39) |
| | | 型 10. <i>C. cristatus</i> – <i>C. plumchrus</i> 群集 |
| | | 型 11. <i>C. cristatus</i> – <i>M. lucens</i> 群集 (St. 7, 22, 31) |
| | | 型 12. <i>C. cristatus</i> – <i>E. giesbrechti</i> 群集 (St. 21, 33, 34, 35, 42) |

実際の観測において上記の型 3 と型 10 とを除いて他の 10 個の型はすべて出現している。(但し型 1 では *Metridia lucens* は余り多くなく、*Pseudocalanus elongatus*, *Aglantha digitale*, *Sagitta elegans* 等が第 2 位を占め、*Metridia lucens* は 3～6 位に過ぎないが、4 種の重要種のみを問題とする限りにおいて、こゝでは *C. plumchrus*–*M. lucens* 群集とする。*Pseudocalanus elongatus*, *Aglantha digitale*, *Sagitta elegans* 等は時刻によつて増減の著しい 2 次的な種と考えられるからである。) 従つて 10 個の異つた群集を区別することが出来たが、先にも述べたように、これら 4 種の間には結び付きの強弱があるから、それによつて、10 個の型を整理



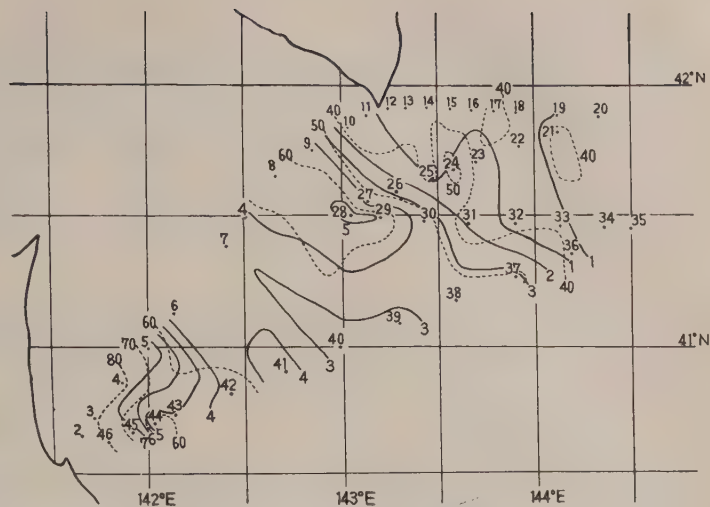
第 5 図 プランクトン群集の分布

Fig. 5. Geographical distribution of the zooplankton communities. Cp: *Calanus plumchrus*, Met: *Metridia lucens*, Euc: *Eucalanus giesbrechti*, Cc: *C. cristatus*. The larger mark shows the dominant species, and the smaller the sub-dominant.

すると、*C. plumchrus* に対して *C. cristatus* 及び *Eucalanus giesbrechti* を対蹠的な優占種とする 2 群 (群 I と III) と、中間的な *Metridia lucens* を優占種とする群 II とを区別し得る。このように区分した群集の分布は第 5 図となる。

観測時の海況は第 6～8 図に示されるように、水温・塩素量の分布から判断して、津軽暖流は東北地方沿岸より 30 哩以内に圧せられ、はたして 142° E 線に添つて潮境を作っている。親潮の接岸分枝は 41°30' N を中心と

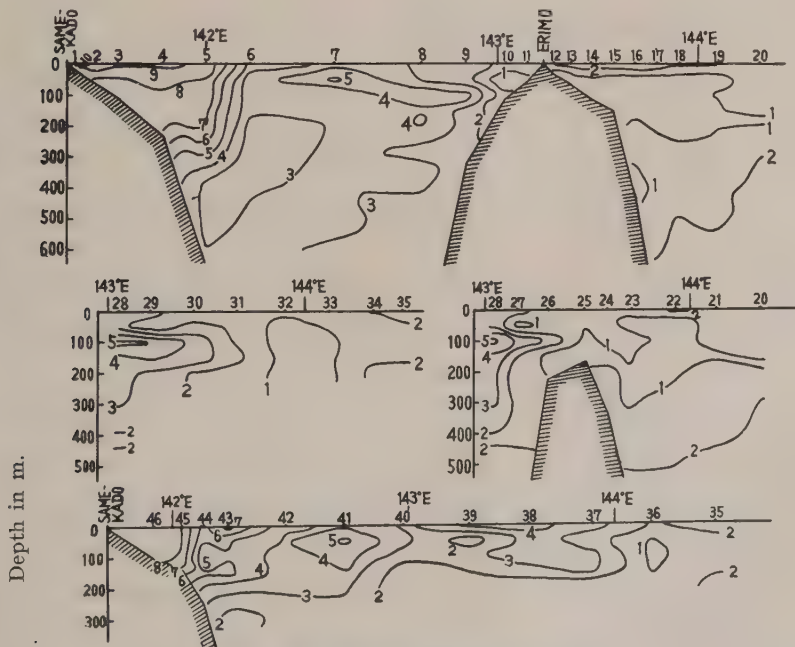
て 144° E 附近にあり、
れより南西に張り出して
蒙岬南の線にまで達して
る模様である。してみる
上述の群 I は明らかに津
暖流水塊に属し、群 III
親潮沿岸水塊に属する。
し津軽暖流水塊はかなり
つきりしているが、親潮
岸水塊は処々に混合を起
し境界がはつきりしない。
の混合の様相がプランク
ン群集にも反映している
思われ、群 II の分布がそ
の混合相に対応すると考え
てよいだろう。



第 6 図 100 m 層水温・塩素量の水平分布

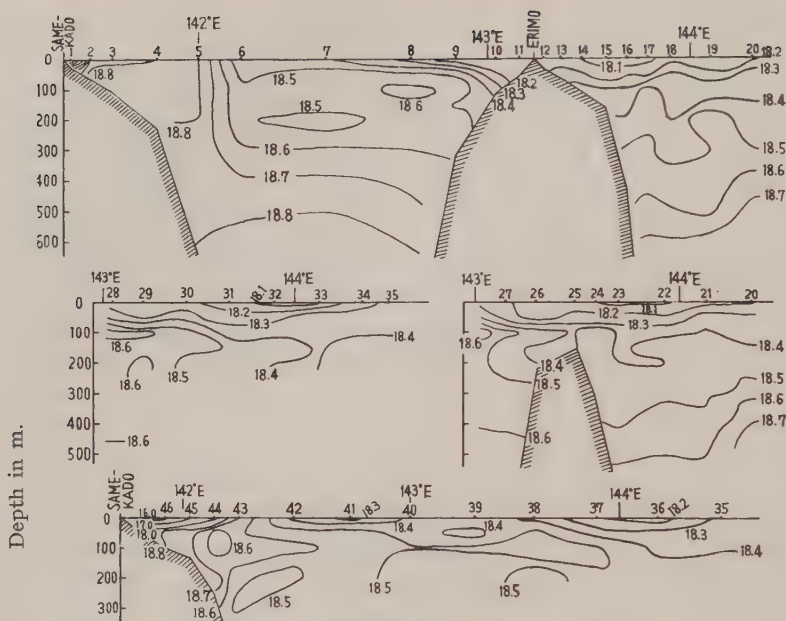
Fig. 6. Horizontal distribution of water temperature and chlorinity of the 100 m. layer.

Full lines : isothermal, dotted lines : isochlorine.
Chlorinity is expressed by decimal places only,
abbreviating the head figures 18. The numbered
points denote the stations of observation.



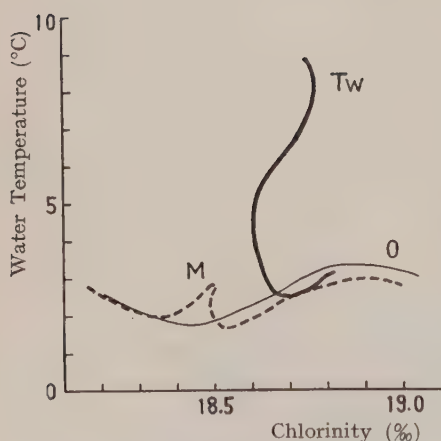
第 7 図 各観測線の水温鉛直断面分布

Fig. 7. Vertical distribution of water temperature on every line of observation.



第 8 図 各観測線の塩素量鉛直断面分布

Fig. 8. Vertical distribution of chlorinity on every line of observation.



第 9 図 プラクトン水塊別の平均の T-Cl グラフ

Fig. 9. Average T-Cl diagram of each water mass indicated by the plankton community.

Tw: *C. plumchrus* water mass, in the sea area of the Tuguru Warm Current.

O: *C. cristatus* and *Eucalanus giesbrechti* water mass, in the sea area of the Oyasio Current.

M: *Metridia lucens* water mass, in the mixed water areas.

各プランクトン群集 I, II, III の水塊をそれぞれ *C. plumchrus* 水塊・*Metridia lucens* 水塊・*C. cristatus* 及び *Eucalanus giesbrechti* 水塊と呼ぶことゝし、各水塊の平均の T-Cl グラフを作ってみると、*C. plumchrus* 水塊が暖流系であり、*C. cristatus* 及び *Eucalanus giesbrechti* 水塊が寒流系であることは極めて明瞭であり、*Metridia lucens* 水塊は元来寒流系であるが 50~200 m 層に暖流系水との混合が起つてゐることがわかる (第 9 図)。即ち *Metridia lucens* 水塊が混合系であることも明瞭である。

個々の型のプランクトン群集の水塊についての T-Cl グラフはそれぞれの群集の属する群の平均のグラフにほぼ一致するが、多少の変異があり、観測資料が少いのですべての群集型については言い得ないが、例えば *C. plumchrus*-*Eucalanus giesbrechti* 水塊は *C. plumchrus*-*Metridia lucens* 水塊より低塩素量・低水温に傾き、全般的に寒流系の影響を受けていると見られるし、混合系の中でも *Metridia lucens*-*Eucalanus giesbrechti* 水塊が *Metridia lucens*-*C. cristatus* 水塊

より中層における暖流系水の影響が大きいと思われる。従つて個々の群集型による水塊の区別も可能であるが、こゝでは観測資料が少いから3水塊を大別するに止める。

観測点間の近似度より見た水塊の分布

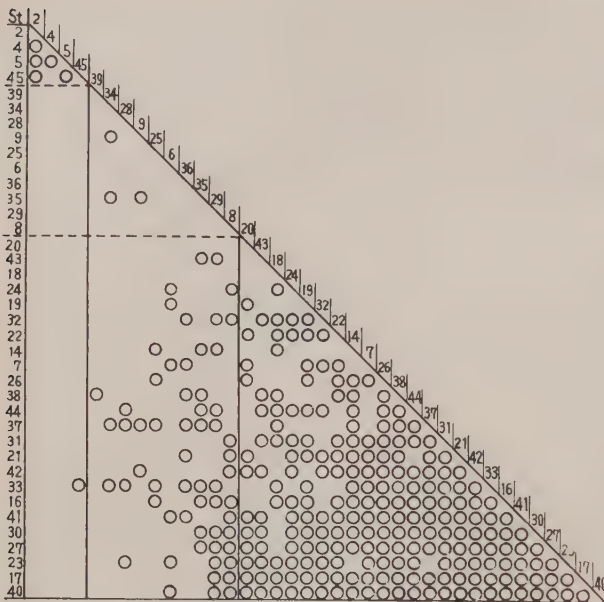
主要種や優占種ばかりでなく、多数の従属種を含む全種についても一応考察する必要があるので、次の2つの方法が試みられた。

(1) 出現種数による分析

各観測点で8~18種が観察されているが、任意の2点*i, j*の種数を*s_i*, *s_j*とし、この2点の共通種数を*c_{ij}*とすると、2点間の近接率 *p_{ij}* は次式で与えられる⁷⁾。

$$p_{ij} = (c_{ij} / \sqrt{s_i \cdot s_j}) \times 100$$

各点相互間の *p_{ij}* は 50~100 の値であつた (第10図)。従つて種類の上から著しく組成の異つた地点は認められない。即ちどの点もかなりの程度に関連を持つ。異つた水塊はプランクトンの種組成の相違によつて区別されるから、同一水塊とみなされる水域の中の点間の *p* の値は他水塊の点との間の値に比して高いはずであるが、同一水塊の中でも中心部から周辺に向つて *p* の値は低下し、遂には同じ水塊とは認められない境界の値に達するであろう。中心から他水塊との境界までの *p* の傾斜はわからないし (恐らく水塊の性質によつて異なるだろう)、空間的な *p* の分布も不明であるから、*p* の度数分布の型もわからない。従つて第10図の *p* の標本分布を分析することは困難である。しかし實際上、これを幾つかの階級に分けて考察することが便利である。機械的に等間隔に分けるよりも、同一水塊中の値と異水塊間の値とは段階的に変化し、各段階の平均の *p* の値の周りに正規分布をすると考えれば、全体の *p* の分布は各段階の *p* の正規分布の重畳として現われるはずであるから、全体の分布を個々の正規分布に分解することによつて各段階の値を推定することが出来る。この予想の下にこの場合の *p* の分布を正規確率紙を用いて分析すると、少くとも2つの段階を区別することが出来る (第10図)。即ち *p* が平均 84.4 と 72.4 の2つの群である。この2群の分布は互にかなり深く交叉し、分離し難いが、一応2つの分布曲線の交叉点 *p₁* (=79.6) で分けると、*p* の大きい群Aではそれに属する *p₁* より小さい値はAの 21.5% (個数 60) 失われ、小さい方の群Bに属する *p₁* より大きい値がBの 17.6% (74個) 迷入することになり、かなり大きな誤差となるが、大要はつかむことが出来よう。よつて *p₁* の値で区分して各点間の近似の度合を示すと第4表となる。第4表では St. 2, 4, 5, 45 は相互に密接な関連があるのでこれらを除き、他の St. は右から *p* ≥ 79.6 の値の数の多い順に並べられた。第10図の *p* の値の大きいA群の個数は推計により 281 であるから、St. 2, 4, 5, 45 の相互間の *p* の数6を除くと、281-6=275 となり、この数はほぼ ${}_{24}C_2=276$ に当るから、右から24個の St. をとつて区分すると右端の St. 40 から St. 20 まだが1括されることになる。この24個の観測点の相互間においては *p* < 79.6 のものが59個あり、St. 4 と St. 45 との間の1個と合せて60個となるから、先に述べた第10図の *p₁* より左のAの部分の数と一致する。またこれらの観測点以外の点間で *p* ≥ 79.6 の数は64個で、B群の *p₁* より大きい個数74個と多少のくい違いはあるが、ほぼ一致すると見てよい。従つてA群と見做されるものは



第 4 表 各観測点間のプランクトン種組成の近接率 p の階級区分

Table 4. Coefficients of closeness, p , between the stations of observation, by means of the composition of species.

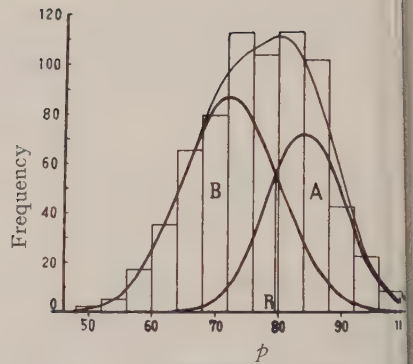
○ : $p \geq 79.6$, Blank : $p < 79.6$

St. 2, 4, 5, 45 の相互関係と上記 24 個の観測点間の相互関係を含むものと考えられ、非常に密接な種組成上の関連を持つ 2 つの観測点群を認めてよいだろう。St. 2,

4, 5, 45 は上述したように優占種から見た群集区分と一致し、津軽暖流水塊は出現種数の上からもはつきり確認される。A 群に属する 24 個の観測点は群集区分とは一致しないが、寒流水塊に属するものと考えられ、量を考慮したいこの結果からは均一な水塊と見る外なく、他の St. 6, 8, 9, 25, 28, 29, 34, 35, 36, 39 の 10 点は相互に関連が薄い、他の 24 個の点とはかなり近似度の高いものもあり、出現種の中には広適応性のものがかかり含まれているために起る区分の困難さを示すものであろうが、暖流水塊との関連は薄いものと見てよいから、これら 10 個の観測点も寒流水と見るべきであろう。結局、寒流水水塊のこまかい区分は近接率だけでは困難である。

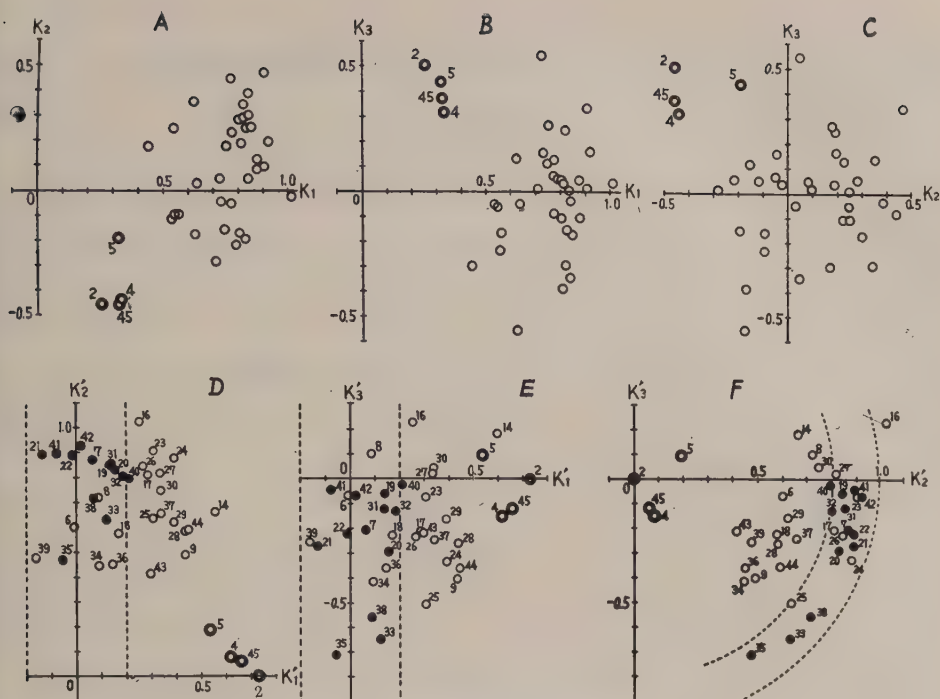
観測点間の因子分析

観測点間相互の種類別出現量の相関係数行列を作り、それを因子分析して第 3 次までの因子負荷量を計算した(第 11 図, A, B, C)。その値を見ると St. 2, 4, 5, 45 は他の点からかけ離れて 1 団をなしていることが読み取れる。そこでこの 4 点の中の 1 点 St. 2 をこの 1 団の基準として、この点を K_1 軸が通るように座標軸を廻転してみると(第 11 図, D, E, F)、これら 4 個



第 10 図 各観測点間の近接率 p の分布(ヒストグラム)と分解された 2 つの段階の分布(太線)

Fig. 10. Frequency distribution of p , the coefficient of closeness, between the stations of observation (histogram) and the distributions of p divided into two classes (thick curves) and their summation (thin curve). The fitness of which is expressed by $0.50 > P > 0.25$ (the degree of freedom = 7) in the χ^2 -test with the observed values, the histogram. p_1 denotes a value of $p (=79.6)$, on which the two distribution curves intersect.



第 11 表 観測点間因子負荷量

点の附字は観測点番号。 K_1' , K_2' , K_3' は K_1 軸が St. 2 を通るように変換した座標。

Fig. 11. Coefficients of common factors between the stations of observation. K_1' , K_2' and K_3' are the coordinates converted as K_1 -axis passes through the point of St. 2. Figures attached to the points are numbers of stations.

の点は K_1' 軸の周辺に近くかたまり、 K_1' 軸と直交する $K_2'-K_3'$ 平面に近く位置する幾つかの点を見出すことが出来る (図の黒点)。即ちそれらの点は St. 2, 4, 5, 45 とは最も関連性の薄い点であり、St. 2, 4, 5, 45 とは対蹠的な性質を持つものでなければならない。St. 2, 4, 5, 45 が暖流水塊に属することは上述の通りであるから、これと対蹠的な諸点は従つて寒流水塊に属することは明かである。即ちそれらの点は St. 20, 38, 7, 22, 31, 33, 35, 21, 42, 19, 32, 40, 41 等である。その他の点も St. 2, 4, 5, 45 とは離れていて、全般的に寒流系の影響が強いことを示しているが、上記諸点にくらべては幾分その影響が弱く、恐らく混合水塊に属するものと思われるが、これら 2 群の点は互に入りまじり、且つ連続的であつて、はつきりした区別はつけ難い。St. 20, 38, 7, 22, 31, 33, 35, 21, 42 は先に述べた優占種による群集区分から判断した寒流水塊と一致するが、St. 19, 32, 40, 41 は先には混合水系と判断された。また先に寒流系と判断された St. 36, 26, 25, 34, 39 もこゝでは混合水系と判断される。但しこの区分は上述のように明瞭でない。

水塊指標性についての考察

以上で 3 つの方法によるプランクトン群集の統計的解析がなされた。いずれの方法によつても

暖流系と寒流系とを区別することは可能である。しかし種類数のみによる分析では詳細な水塊の区分は不可能であり、観測点間の相関係数行列の因子分析も明瞭な寒流系と混合系との区別を与えないで、主要種と環境要因とよりする分析結果とくい違いを生じている。このことは、観測点間の因子分析では予め環境を考慮しないで、群集の近似性のみから環境の違いを区別しようとする方法であるから、採集時刻が考慮されないために起る数種の重要種の採集時刻による組成の変化が無視されることによつて起る誤差を含むためと見なければならぬ。群集構造を更に内部的に分析した要因を考慮する群集係数⁷⁾を用いてもなおこの誤差は残るであろう。採集時刻はプランクトン群集を決定する基本的要因である。しかし重要種だけの分析では多くの従属種が無視される欠点があるが、群集構造に特に大きい影響を与える一時的な影響種が存在しない限り、群集を優占種を重視して区分する立前から行けば、従属種の量的関係は殆んど問題とするに当らない。しかも極めて分布の広い *cosmopolitan* の従属種は却つて分析を不明瞭にする恐れさえある。また優占種のみによつて区分も可能であるが、採集時刻によつては見掛け上の優位を占める種類も出現することがあり、例えば暖流域の *C. plumchrus* 水塊では時刻要因に影響されることと大きい *Pseudocalanus elongatus*, *Aglantha digitale*, *Sagitta elegans* 等が第2位を占めていた。これらの観測点での採集は昼間であつたが、若し夜間であつたら更に大量の出現を見られるものと思われる。従つて定常的な群集としての把握が困難となるだろう。採集時刻の影響を考慮しない場合は、非常に性質の異なる水塊の間ではそれほど大きい混乱を起こさないとしても、近似した水塊、従つて近似した群集、例えば寒流系ではあるが部分的に暖流系或は沿岸水系の影響を受けているような水塊を純寒流系より区別しようとする場合、或は種々の段階の混合水塊を区別しようとする場合等には屢々大きな混乱を生ぜしめ、区分を不明瞭ならしめることが予想される。観測点間の相関係数行列による解析にはそのような不明瞭さを含んでいると思われる。

以上の考察により、3つの方法はいずれも目的に従つて用うるに足るが、詳細な分析には主要種と環境との組合せによる相関係数行列を因子分析して最も安定した種間の相互関連を見出し、それらを優占種とする群集区分によつて水塊分析を行うことが最も優れた方法であるという結論に到達した。

木村・小達³⁾は100 m 層水温 (t) と各水温階層における平均個体数 (n) との間に $n=C10^{\kappa t}$ (C : 定数, κ : 採集係数) の関係があり、 κ の正負並びに大きさによつて水塊指標性の強弱を吟味した。それによると *C. plumchrus*, *C. cristatus* は最高位の寒流指標性であり、*Metridia lucens*, *Themisto* sp. は次位の寒流指標性であるという。この結果は本観測で *C. plumchrus* を優占種とする群集が暖流系であること、多少くい違つてはいるが、木村・小達の観測は夏秋期のものであり、本観測が春期のものであるためのくい違いであるかも知れない。しかし *C. plumchrus* は低温性であるとは言えても寒流性であるとは言いつて切れない。*C. cristatus* の寒流性であることは一致するが、*Metridia lucens* は春期には混合水域に卓越することは上述の通りで、夏季に向うに従つて恐らく群集組成の中で重要性を失ひ、代つて *Themisto* sp. が重要性を増して来る (このことは次報に詳述する予定)。とも角、これらの広適温性のプランクトン動物については1季節の観測だけでは、その季節での水塊指標性を言い得るに過ぎないし、また単独種では

指標性の断定が困難となる。

従つてプランクトンの水塊指標性を論ずるには群集としてプランクトンをとらえることが最も妥当と思われるが、プランクトン群集にも季節的遷移があることは明である。例えば Shimomura¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾によれば対馬暖流域において 1950 年秋には *Oithona* は余り重要種ではないが、1951 年の夏には *Oithona* が優占し、1952 年 6 月には *Oithona*、8 月には *Oithona* と *Paracalanus*、10 月には顕著な優占種なく、*Nauplius larvae*, *Oncaea larvae*, *Gymnoplea copepodite* 等の幼体が比較的多かつた。従つて水塊の判定のためには季節的遷移を明にし、季節毎の単位群集を知る必要がある。また Shimomura²¹⁾によれば中部日本海の対馬暖流域の 8 月のプランクトンは、岸寄りの第 1 分枝では *Creseis acicula*, *Oncaea venusta*, *Penilia schmacheri* 等が優占し、第 2 分枝では特に優勢な種類なく、部分的に *Creseis acicula* が多く見られ、第 3 分枝のリマン海流との混合域では一般にプランクトンが少なく、リマン海流域では *Calanus cristatus*, *Oithona plumifera*, *Oithona nana*, *Aglantha digitale*, *Eucalanus giesbrechti*, *Metridia lucens*, *Parathemisto obliqua*, *Sagitta* sp. 等の大型のものが多く、リマン海流域及びその影響を受ける第 3 分枝域には *C. plumifera* も優位に出現している。これらの事実は明らかに水塊によるプランクトン群集の違いを示すものであり、リマン海流域及びその影響を受ける第 3 分枝の組成が季節は違ふけれども本調査の太平洋海域のものとは共通のものが相当あることは、共に寒流性であることによるものであろうが、津軽暖流域とも相当共通性を有するのは、春期の暖流勢力の弱い時季の津軽暖流はリマン海流の影響の強い水塊の流入によるものと想像される。

Russell¹⁾; Clarke, Pierce and Bumpus⁴⁾; Bumpus⁵⁾; Fraser²⁾ 等は *Sagitta* の種類或は量的分布によつて水塊指標性を論じ、かなりの成功を収めた。この水域でも *Sagitta elegans* は調査全点に分布し、Fraser²⁾ の言うように、大型で同定が容易で、しかも巨視的に種類と量とを迅速に判定し得るという水塊指標種としての適性を有するものであるが、本研究では採集量が採集時刻に影響されることの大きい種類として考察より除かれた。しかし時刻要因を除いては他の要因は最も小さく、原点からの距離も最小であるから、採集時刻の影響さえ除き得れば、単独種として水温・塩素量とも殆んど無関係に、従つて混合水域の水塊の動きをもプランクトンとしての付標性のみから論ずる可能性が生まれて来るかも知れない。Clarke, Pierce and Bumpus⁴⁾の観察したように *Sagitta elegans* の 1 世代の長さが相当長いことも水塊の運動の観測には好都合であろう。

本研究では物理的環境要因として、水温・塩素量・光の強度が考察された。光の強さは採集時の正中時よりの時間として表わされたが、これはかなり大ざっぱな表現法である。実際には海中の透過光は日照の強さに左右されるから、観測時の表面での光量を考慮しなければ完全でないが、観測がないために近似的方法がとられた。また 150 m までの深度では波浪の影響も無視出来ないであろう。その他溶存酸素量や炭酸ガス量等も考慮に値する。生物的要因としては重要種類間の関連性の強弱が考慮されたが、植物プランクトンとの関係も重要であろう。Shimomura²¹⁾によれば、夏期の日本海における対馬暖流水域とリマン海流水域とでは植物プランクトン沈澱量

に差異があり、リマン海流域に多く、対馬暖流域でも岸寄りの第1分枝域に最も多く、第2・3分枝と沖合に出るに従つて少くなる。しかし本調査では暖寒両水域の植物プランクトン沈澱の差ははつきりしなかつた。但し Shimomura の採集は水深 50 m からの鉛直曳で、本調査の場合とは採集深度が異なる。Shimomura はまた採集点による動物の種数の変異と植物の種数の異とが平行することを見ているが、本調査の場合、動物重量 (X) と植物沈澱量 (Y) (いずれ4乗根) との相関係数は -0.043 、採集時刻 (Z) を考慮した偏相関・重相関係数でも $r_{XY \cdot Z} = 0.050$, $r_{X \cdot YZ} = 0.149$ で、いずれも有意でない。また動物群集によつて区分した海域、即ち流域・寒流域・混合域で平均沈澱量 (4乗根の平均) を比較してみても、暖流域 1.01, 混合 1.74, 寒流域 1.88 で、見掛けは寒流域に多く、暖流域に少いようにみえるが、この差も有意でない (有意水準 5%)。従つて観測点の数が多くなければ、植物プランクトンの量的関係から動物プランクトン群集との顕著な関連を見出すことは出来ないし、水塊を区別することも困難ある。因に 5 月になれば植物プランクトンは急激に減少する。

この水域が暖寒流とも末梢的で、多くの混合水塊を生じていることは想像に難くなく、それプランクトン相を複雑にし、水塊の判別を困難にしているが、上述の分析による群集区分の方によつて水塊の判別並びに混合の様相を察知する可能性は確認された。

総 括

1) 1955 年 4 月 14 日～21 日、八戸一襟裳線東側海域においてプランクトン採集 (罾プランクトンネットによる 150 m→0 m の鉛直曳) が行われ、同時に水温・塩素量も観測された。の観測資料に基きプランクトン群集の水塊指標性が論議された。

2) プランクトン量 (湿重量) は 4 乗根変換によつて近似的に正規化された。

3) プランクトン群集を層化する統計的方法として次の 3 つが考察された。

(i) 観測点間の共通種数と総種数とによる近接率の差違による層化。

(ii) 観測点間の種組成の相関係数行列を因子分析して各点間の関連の強弱をみる方法。

(iii) 多数の観測点に出現した重要種と水温・塩素量・採集時刻 (光要因) 等の環境要因の相互間の相関係数行列を因子分析して、種間並びに環境要因との関連性から最も安定的な関連の大きい種類を優占種として群集を層化する方法。

4) 上記 3 法のどれでも、暖流系と非暖流系 (この場合、寒流系と混合系と思われる) とを区別することが出来る。こまかい水塊の区分、例えば混合系の区別には、(iii) の方法が優れている。

5) 上記 (iii) による群集区分は

群 I. 型 1. *Calanus plumchrus*-*Metridia lucens* 群集

型 2. *C. plumchrus*-*Eucalanus giesbrechti* 群集

型 3. *C. plumchrus*-*C. cristatus* 群集

群 II. 型 4. *Metridia lucens*-*C. plumchrus* 群集

型 5. *M. lucens*-*E. giesbrechti* 群集

型 6. *M. lucens*-*C. cristatus* 群集

- 群 III. 型 7. *Eucalanus giesbrechti*-*C. plumchrus* 群集
 型 8. *E. giesbrechti*-*M. lucens* 群集
 型 9. *E. giesbrechti*-*C. cristatus* 群集
 型10. *Calanus cristatus*-*C. plumchrus* 群集
 型11. *C. cristatus*-*M. lucens* 群集
 型12. *C. cristatus*-*E. giesbrechti* 群集

なるが、型 3 と型 10 とは出現しなかつた。

6) 水温・塩素量の分布・T-Cl グラフ等の海洋観測資料及び優占種間の関連性の強さ等から総合して上記の群 I は暖流系水塊、群 III は寒流系水塊、群 II は寒流系に部分的に暖流系の混入した寒流系混合水塊と判断された。

7) 上記 3) の (iii) による優占種は *Calanus plumchrus*, *C. cristatus*, *Eucalanus giesbrechti*, *Metridia lucens* の 4 種と認定され、種間の関連の強さは *C. plumchrus* に対して *C. cristatus* と *Eucalanus giesbrechti* の結び付きが対蹠的であり、*Metridia lucens* はこの両者に対して中間的である。*Pseudocalanus elongatus*, *Euphausia pacifica*, *Aglantha digitale*, *Sagitta elegans* は光 (採集時刻) に対する反応が強く、*Themisto* sp., *Oithona* sp. は光以外の要因に対し先の優占種或は亜優占種となる 4 種より共通度が小さい。

8) プランクトン群集が季節的に変化することは明らかであり、従つて年間を通じての観測により各季の水塊指標群集を観察しておく必要がある。本観測結果は 4 月の群集を示すものである。

引 用 文 献

- 1) Russell, F. S. (1935) On the Values of Certain Plankton Animals as Indicators of Water Movements in the English Channel and North Sea. Journ. Mar. Biol. Assoc., 20 (2), 309-332.
- 2) Fraser, J. H. (1952) The Chaetognatha and other Zooplankton of the Scottish Area and their Value as Biological Indicators of Hydrographical Conditions. Scot. Home Dep. Mar. Res., (2), 1-52.
- 3) 木村喜之助・小達和子 (1957) プランクトンの水塊指標性に就いて, 東北水研報告 (10), 1-6.
- 4) Clarke, G. L., Pierce, E. L. and Bumpus, D. F. (1943) The Distribution and Reproduction of *Sagitta elegans* on Georges Bank in Relation to the Hydrographical Conditions. Biol. Bull., 85, (3), 201-226.
- 5) Bumpus, D. F. (1955) The Hydrography and the Distribution of Chaetognatha over the Continental Shelf off North Carolina. Papers in Mar. Biol. and Oceanogr., Suppl. to Vol. 3 of Deep-Sea Res., 92-109.
- 6) 東北水研八戸支所 (1958) 東北水研海洋資源年報, 底魚資源篇 昭和 29-30 年度, 172-179. 別表 7 (1).
- 7) 浜井生三 (1955) 群集係数による群集の層化について, 日生態会誌, 4 (4), 171-175, 5 (1), 41-45.
- 8) Motoda, S. and Anraku, M. (1955) The Variability of Catches in Vertical Plankton Hauls. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 6 (2), 152-175.
- 9) Sverdrup, H. U., Johnson, M. W., and Fleming, R. H. (1952) The Oceans, their Physics, Chemistry and General Biology, 835-839.
- 10) 下村敏正 (1953) ミクロプランクトンの生産・分布及び海況との関係に関する研究, 日水研報告, (3), 1-136.
- 11) Honjo, K., Ohta, H., Kidachi, T., Umeda, K. and Kudoh, S. (1957) Distribution of Copepoda in the "Kuroshio" Area, South of Honshu, May 1955. Rec. Ocean. Works Jap. (Special Number), 120-129.
- 12) Honjo, K. (1957) Distribution of Euphausiacea in the "Kuroshio" Area, South of Honshu, May

1955. Rec. Ocean. Works Jap. (Special Number), 130-133.
- 13) Nakai, Z., Hattori, S., Honjo, K., Watanabe, T., Ohta, H., Kidachi, T., Okutani, T., Umeda, K., Kudoh, S. (1957) A Preliminary Report on the Biological Survey in the "Kuroshio" Area South of Honshu, June-July 1955. Rec. Ocean. Works Jap., (Special Number), 159-196.
 - 14) Motoda, S. and Anraku, M. (1955) Marine Plankton Copepods from the Hachijo Island, Izu Is. with Special Reference to their Vertical Distribution. Rec. Ocean. Works Jap., 2 (1), 210-214.
 - 15) Anraku, M. (1954) Copepods collected on the Whaling Grounds off Northern Japan and around Bonin Islands. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 5 (1), 1-8.
 - 16) Motoda, S. and Anraku, M. (1954) Daily Change of Vertical Distribution of Plankton Animals near Western Entrance to the Tsugaru Strait, Northern Japan. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 5 (1), 15-19.
 - 17) 北水試・北水研 (1954, 1956) 北海道区資源調査要報, (11, 13) 対島暖流系水域の開発に関する研究 (2, 3).
 - 18) Shimomura, T. (1954) Planktological Study on the Warm Tsushima Current Regions. I. Plankton Properties and their Relation to Oceanographic Conditions of Noto Peninsula Sado Island Region in the Autumn of 1950. Ann. Rept. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab., (1), 127-138.
 - 19) Shimomura, T. (1954) Planktological Study on the Warm Tsushima Current Regions. II. Plankton Properties and their Relation to Oceanographic Conditions of the Central Japan Sea in the Summer of 1951. Ann. Rept. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab., (1), 139-152.
 - 20) Shimomura, T. (1957) Planktological Study on the Warm Tsushima Current Regions. III. Plankton Properties and their Relation to Oceanographical Conditions of Noto Peninsula Nyudo Saki Region during the Seasons from Spring to Winter, 1952. Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab., (6), 1-22.
 - 21) Shimomura, T. (1957) Planktological Study on the Warm Tsushima Current Regions. IV. Plankton Properties and their Relation to Oceanographical Conditions of the Offshore Regions of the Japan Sea in the Summer of 1955. Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab., (6), 129-138.

日本近海産サバ属魚類の 頭骨に就いて※

堀 田 秀 之 (東北海区水産研究所)
阿 部 宗 明 (東海区水産研究所)
高 島 百合子 (" ")

NOTES ON THE HEAD BONES OF THE JAPANESE MACKERELS OF THE GENUS *PNEUMATOPHORUS*

By

Hideyuki HOTTA, Tokiharu ABE and Yuriko TAKASHIMA

Though subject to considerable individual variation and change with advancing age, (1) the shape of the auxiliary crest near the anterior ends of the temporal and pterotic crests on either side of the skull and (2) the shape of the sphenotic differ remarkably between the adult of the two Japanese forms of mackerels, *Pneumatophorus japonicus japonicus* (HOULTUYN) and *P. j. tapeinocephalus* (BLEEKER).

(1) In the adult, the auxiliary crest just mentioned (a. c.) is low anteriorly and very close to the anterior portion of the temporal crest in *japonicus* while it is usually higher anteriorly and nearly parallel to the temporal crest in *tapeinocephalus*. Intergradations and examples of bilateral asymmetry in the shape of a. c. are by no means rare. Furthermore, the shape of a. c. in the adult of *japonicus* taken from northern Japan differ more markedly from that of the adult of *tapeinocephalus* (which prefers warmer waters than *japonicus*) than that of the adult of *japonicus* taken from southern Japan does. In the young of the two forms, the shape of a. c. does not differ between them and is suggestive of that of the adult of *tapeinocephalus*. The writers are inclined to regard *japonicus* to have farther differentiated than *tapeinocephalus* in northern waters.

(2) The sphenotic in the adult of *japonicus* is posteriorly more sharply pointed than in the adult of *tapeinocephalus* in which the posterior margin of the bone is nearly perpendicular to the longitudinal axis of the body. In the young, the shape of the sphenotic in *japonicus* often resembles that of *tapeinocephalus* as is the case with the shape of the a. c. mentioned above.

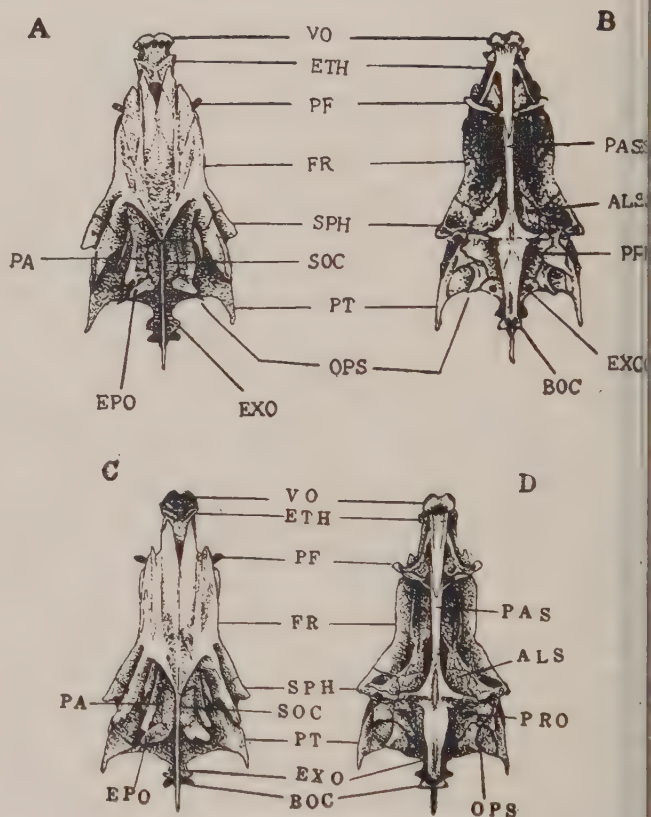
サバ類は世界の各地で漁業の重要な対象となっており、日本近海ではその二型、ホンサバ(別名ヒラサバ) *Pneumatophorus japonicus japonicus* (HOULTUYN) とゴマサバ(別名マルサバ) *P. j. tapeinocephalus* (BLEEKER) が毎年数千万貫漁獲されている。この両者の関係に就いては、学者によつては1種(JORDAN, TANAKA & SNYDER '13) としたり、同一種内(田中 '44) の亜種(蒲原 '40)、或は形態的・生態的に差異をもつ2型(KISHINOUE '23) としたり、

或は2種(田中 '17、松原 '55)に分け、魚の取引に於いても両者は別種として取り扱われたり同一種として取扱われたりする。従来本属魚類の分類の形態的差異は主として体型・斑紋・背の棘の数・第1背鰭担鰭骨の数・第1鰓弓の鰓耙数等によつていた。筆者等は本邦太平洋沿岸地から入手した材料に基いて、頭骨に於いて之等2型のサバの間にどのような形態上の相違があるかに就いて研究した。

本文に入るに先立ち、本研究に対して種々御便宜いただいた東北海区水産研究所長木村喜之助先生、東海区水産研究所資源部長中井甚二郎先生に深甚な謝意を表わしたい。尚材料蒐集に御協力下さった宮城県水産試験場鈴木金吾技師、千葉県水産試験所花戸忠夫技師、東京都水産試験場五十嵐正治技師、同場小西英男技師、徳島県水産試験場加藤孝技師、同場宮崎一誠嘱託、鹿児島大学水産学部盛田友弼助教授、九州大学農学部江波澄雄教官、東北海区水産研究所海洋資源部各位、東海区水産研究所資源部鯖資源科各位に対し厚く御礼を申し述べたいと思う。

サバ属魚類の頭骨の形状に就いては既に ALLIS (1903), STARKS (1910), KISHINOUE (1923), 蒲原 (1940) 及び GODSIL (1954) によつて記述されている様に、頭蓋骨は長く前方が細くなつており、後半背面には5個の隆起線がよく発達して、各隆起の間は深い凹所となつてゐる。額骨 (frontal) の前方に細長い孔があり、額骨

後部にはカツオ・マグロ類の様な三角形状の1対の孔はない。外後頭骨 (exoccipital) は大 (foramen-magnum) の上で左右が癒着して後方に稍々延びている。後耳骨 (opisthotic) は背



第1図 ホンサバ・ゴマサバの頭蓋骨

AとB ホンサバ, CとD ゴマサバ

AとC 頭蓋骨背面, BとD 頭蓋骨腹面

ALS, 翼楔骨 (alisphenoid). BOC, 基底後頭骨 (basioccipital).

ETH, 篩骨 (ethmoid). EPO, 上耳骨 (epiotic).

EXO, 外後頭骨 (exoccipital). FR, 額骨 (frontal).

OPS, 後耳骨 (opisthotic). PA, 側頭骨 (parietal).

PF, 前額骨 (prefrontal). PAS, 副楔骨 (parasphenoid).

PRO, 前耳骨 (prootic). PT, 翼耳骨 (pterotic).

SOC, 上後頭骨 (supraoccipital). SPH, 楔耳骨 (sphenotic).

VO, 鋤骨 (vomere).

Fig. 1

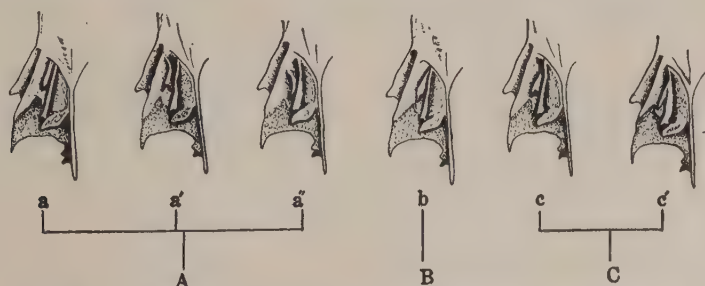
A & B, Head bones of *Pneumatophorus japonicus japonicus* (HOUTTUYN)

C & D, Head bones of *P. j. tapeinocephalus* (BLEEKER)

A & C, Dorsal view. B & D, ventral view.

からは見えず、只顛顚後骨 (post-temporal) との結節がよく見られるだけである。鋤骨 (vomer) に歯があり、副楔骨 (parasphenoid) は倒三角形をなし、その中部腹面に隆起があり、その後部は動眼筋室 (myodome) の後部開口部を殆んど覆っている。ここで興味のあることは顛顚隆起 (temporal crest) の外側に短い附属隆起* (auxiliary crest) のあることで、カツオ・マグロ類の内では本属の外に近似のグルクマ属にみられるだけで、結局サバ亜科魚類に限定されていることになる。

ホンサバとゴマサバとの差異についてみると、顛顚隆起の外側にある短い附属隆起の存在様式にはかなり明瞭な違いがある。即ちホンサバでは高い顛顚隆起が低い附属隆起の上に被さる様になつて、附属隆起の顕著な起点は殆んど額骨後縁から始まつている。之に対してゴマサバでは一般に附属隆起の高さは、顛顚隆起と同じか或はそれよりも高く、額骨後部上から顛顚隆起と平行して後方に走っている (第1図 A, C)。次に頭蓋骨腹面をみると、頭蓋側縁の楔耳骨 (sphenotic) の形状に相違がみられることは国枝 ('48, p. 183) も指摘している所である。即ちホンサバでは楔耳骨が鋭く突出しているので、その切れ刻みの彎入が深いのに対して、ゴマサバでは楔耳骨は殆んど側方に真直ぐに突出する為に、切れ刻みの彎入が浅い (第1図 B, D)。



第2図 サバ属の頭蓋骨背面 (左側) の顛顚隆起の外側の附属隆起に関する変異

Fig. 2. Variation in the shape of the auxiliary crest on the left side of the left temporal crest in *Pneumatophorus*.

第1表 ホンサバ・ゴマサバの顛顚隆起の外側の短い附属隆起の左右による相違

太字はゴマサバ

Table 1. Difference in the type of the auxiliary crest on either side in *Pneumatophorus*. Bold-faced figures are for *P. j. tapeinocephalus* (BLEEKER).

type of crest	A	B	C	total
左側 left side	27 10	9 5	0 9	36 24
右側 right side	26 10	9 1	1 13	36 24

今この2点について、魚体の大きさに従つて、或はその採集地の地理的分布に従つて、上述した相違がどの様に変化するかについて吟味してみる。附属隆起の存在様式に顕著な相違があることは既に述べた通りであるが、各体長のものについて調べてみると、その様式は上述の2通りではなくて数種の変異が認められる。ここでは次に述べる様な理由で頭蓋骨左側の附属隆起について、その変異を表わしたものが第2図である。これらの変異の内 a, a', a'' を A 型、b を B 型、c, c' を C 型に大別して、そ

* この附属隆起は約尾叉長で 9cm のものから出現する。

それぞれの型を決定した。同一個体に於ける左右両側の附属隆起の型は第1表に示す様に完全な左右相称ではないが、全体的にみた場合には片側だけによつても不都合はない。従つて頭蓋の左側に於ける附属隆起の状態を観察した。次にこの型が魚体の大きさや採集地によつてどの様に現れるかに就いて表わしたものが第2表である。

第2表 ホンサバ・ゴマサバの鰓鰭隆起の外側の短い附属隆起の各型の出現頻度

太字はゴマサバ

Table 2. Frequency distributions of the types of auxiliary crest.
Gothic type—*P. j. tapeinocepharus*

採集地 localities	魚 体 size of fish type of crest	大 型 魚 latge size fish			中 型 魚 middle size fish			小 型 魚 small size fish				調 査 尾 数 no. of examp.	尾叉長範圍 (cm) range of fork- length (cm)
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	不 明		
八 戸 (青 森)					18	7	30					55	24.4~29.9
釜 石 (岩 手)					5	5	8					18	19.7~26.6
田 代 島 (宮 城)					24	25	55	17	9	4	0	{ 104 30	14.3~23.6 10.0~15.3
勝 浦 (千 葉)		15 2	9 2	47 1	6	2	5					{ 71 5 13	27.6~39.0 29.2~31.8 24.0~27.6
駿 河 湾 (静 岡)		5 19	12 5	6 1				33	12	1	3	{ 23 25 49	28.3~33.6 29.4~33.8 8.0~19.2
引 田 (香 川)								16	7	1	0	24	13.4~15.4
日 和 佐 (徳 島)								27	12	1	0	40	12.5~15.7
対 島 (福 岡)		17	3	17	2	1	1					{ 37 4	36.2~41.5
枕 崎 (鹿 児 島)					12	4	2					18	22.5~25.7
種ヶ 島 (")		22	5	1								28	34.0~36.8
屋 久 島 (")		3	2	0	32	2	0					{ 5 34	35.1~38.0 22.2~29.3
奄美大 島 (")								47	13	0	4	64	7.1~15.5
東 支 那 海		18	7	1	8	2	0					{ 26 10	30.5~34.6 23.5~25.9
魚 釣 島		17	7	1								25	29.5~34.6

表からホンサバの大・中型魚の附属隆起の変異は、北方のものでは概してC型が多く、南方のものではA型の出現頻度が多いといった傾向がみられ、北から南に向つて C→A といった傾斜が認められる。小型魚ではホンサバもゴマサバも共に殆んどがA型を示している。従つて南方性のゴマサバの附属隆起の状態は北方性のホンサバに比して、幼形的段階に於いて成体になつたものである。次に腹面の楔耳骨の切れ刻み方について、駿河湾産のホンサバの叉長 15.0~19.2 cm の26尾の小型魚をみると、楔耳骨の後縁は体の長軸にはほぼ垂直になる様に側方に真直ぐに出し、丁度上述した成魚にみられるゴマサバの型に近いが、全部が同一ということではなくて、成魚にみられるホンサバの型とゴマサバの型の夫々の出現頻度は 9:17 で、前者といえどもゴマサバの型に近い。この形質もゴマサバはホンサバに比して幼形的に近い發育段階に止まつてゐることが判る。

従つて最初に述べた所の典型的なホンサバとゴマサバの相違の2点は地理的な変異であり、

發育段階的な差であるということが出来るが、附属隆起の型は一度 A 型の状態を経過して後で B 型に移行していくと考えられる。即ちホンサバの幼魚から小型魚の時代にゴマサバに似た附属隆起や楔耳骨の形状の状態を経過していくであろう。従つてこの様な發生の型の相違によつて、サバ属の 2 型が分化して來たものだとも考えられる。

要 約

ホンサバとゴマサバの差を頭骨の形状からみてみると、頭蓋骨背面、顛顛隆起の外側にある短小の附属隆起の存在様式と頭蓋骨腹面、楔耳骨の形状の 2 点に纏められる。この相違は地理的な差異に相通ずるものがあり、又發生段階的な差であつて、南方性のゴマサバでは幼魚型の段階に近く、發育段階に止まつている。従つて頭骨の形質からのみ見れば、ホンサバとゴマサバとの相違は明らかでない場合がある。

参 考 文 献

下記の ABE & TAKASHIMA で引用した文献以外のもののみを挙げる。

- ABE, T. & TAKASHIMA, Y. (1958) Differences in the number and position of two kinds of fin-supports of the spinous dorsal in the Japanese mackerels of the genus *Pneumatophorus*. Japan. Journ. Ichth., 7 (1), pp. 1~12.
- ALLIS (JR.), E. P. (1903) The skull, and the cranial and first spinal muscles and nerves in *Scomber scomber*. Jour. Morph., 18, pp. 45~328.
- GODSIL, H. C. (1954) A descriptive study of certain tuna-like fishes. Calif. Fish and Game Fish Bull., (97).
- JORDAN, D. S., TANAKA, S. & SNYDER, J. O. (1913) A catalogue of the fishes of Japan. Journ. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo, vol. 33, art. 1.
- 蒲原稔治 (1940) “鱈型族・鯖群” 日本動物分類 vol. 15, tas. 2, no. 5.
- KISHINOUE, K. (1923) Contributions to the comparative study of the so-called scombroid fishes. Journ. Coll. Agr., Imp. Univ. Tokyo, 8 (3).
- 国枝 薄 (1948) 動眼筋室 (myodome) の変遷より見たる魚類両棲類爬虫類鳥類及び哺乳類の類縁及び分類について 日水会誌, 13 (5).
- 田中茂穂 (1917) 鯖の研究 (第 1 報) 動維, 29 (349).
- (1934a) 鯖の話 植物, 2 (6).
- (1934b) 鯖の話 植物, 2 (11).
- STARKS, F. C. (1910) The osteology and mutual relationships of the fishes belonging to the family *Scombridae*. Journ. Morph., 21 (1), pp. 77~100.
- 徳田御稔 (1953) 地理的変異に於ける二つの型 生物の変異性 (岩波書店).
- (1957) 改稿進化論 岩波全書.

表面等温線の描き方について*

川 合 英 夫

A NOTE ON DRAWING THE ISOTHERMS AT THE SEA SURFACE

By

Hideo KAWAI

Though the purpose in drawing the isotherms at the sea surface differs according to the practical applications, the chief purpose in fisheries is to clarify the water mass distribution at the sea surface and further to estimate the water mass distribution in the subsurface layer and the current pattern. Practical methods are discussed and proposed.

1. は し が き

表面水温は簡単な装置で手軽に測定できそれによつて海況の大勢を推察できる所から、漁船・商船などによつても多量の観測値が集積されている。もつとも観測位置が不正確であつたり、測定方法が誤つていたりして、誤差が大きい時には役に立たない。

表面水温の分布は水産・気象などの応用面に直接に関係するにも拘らず、表面等温線による海況判断はあまり重要視されていない。という訳は春から夏にかけて中緯度より高緯度の海区の表層水は著しく高温となり、温度躍層を境として下方の海水に比べて上部の表層水は気象の影響を集中的に受けるために、表層と下層の等温線は異つた形を示す場合が多いこと、また不適当な観測網から得られた資料を用いて描いた表面等温線は表層の海流系の分布と細部においてかなり食い違い、むしろ 100 m ぐらいの深さの層の等温線の方が表層の海流相をよく反映すること、更に表面水温の (時間的变化率) / (水平面内の水温勾配) の比が下層水温についてのその比に比べて大きいために、観測期間が長引くと観測時のずれの影響が現われ易く、表面等温線の形が実際の瞬間的像より著しく歪んでしまうことなどによる。このような理由から暖候期の表面等温線のみによる海況判断は誤つた結論を導き易い。

しかし精度の優れた観測値が短期間に多量に、広範囲にわたつて一様に、しかも継続的に得られるようになれば、表面等温線による海況判断の重要性も増加してくることであろう。更に大部分の漁業者にとつては表面水温の分布を調べるのが漁場での海況判断の手取り早い有効な手段と考えられている。ところが始めに述べた理由により、従来は表面等温線の描き方という問題ばかり取り立てて論議される機会が少なく、各自各様に処理される場合が多かつた。そこで主として水産への応用を考慮しながら、この問題を調査と実地の経験に基いて幾らか体系的に整理してみた。

従来習慣的に採用されている方法ばかりでなく、あまり検討されていなかった問題についても考察を進めた。なお天気図を作るような場合には客観的解析と呼ばれる方法が既に確立されているが、海洋の表面等温線にこれをそのまま適用することは実情にそぐわぬ点を多く含むから、ここでは主としてそれ以前の問題について考察した。

表面等温線を描く目的はその応用面によつて異なるが、少なくとも水産方面への応用に対しては、表層の水塊分布を明らかにし更に海流相や下層水塊の水平的配置までも推定することにある。この目的にそのような实际的取扱い方をせねばならない。以下に述べる方法の中には表面等温線だけでなくその他の物理量の等温線に対しても当てはまる部分もあることはもちろんである。

2. 観 測 値 の 吟 味

(i) 周囲または前後の時期の水温値との比較

周囲にある同時期の多数の観測値と比べて考えている観測値だけが著しく異つた水温値を示す場合には、これを誤測または誤報として棄て去る。同一場所附近の前後の時期の観測値と比べて考えている観測値だけが著しく異つた水温値を示す場合も同様である。

(ii) 漁獲水温値の検討

出漁船から報告される漁獲水温値だけを用いると、或魚種の適水温範囲内の水温値のみが偏つて多量に集められ、それらが位置の誤差を伴つて海図上に記入されると、適水温帯の覆う範囲が不当に誇張され拡げられるという結果になる。たとえばビンナガマグロ竿釣漁場は最高水温帯の南側の水温勾配の小さい外側低温帯に発達することが多いために、漁獲水温値だけではこの外側低温帯の覆う範囲が大きく見誤られ、幅の狭い時の最高水温帯は等温線図に現われない（川合、1955）。

次に別の著しい例として三陸近海における同一場所・同一時期のカツオとサンマの漁獲水温値が如何に異なるかを示そう。第1表は 1953 年 9 月の中旬前半・中旬後半・下旬前半の各 5 日間の経緯度各 20 分枠目毎のカツオ漁船及びサンマ漁船の測定水温値の平均値の差を示したもので、同一場所・同一時期であつても前者は後者より随分高温になつている箇所が多く見られる。しかも対応する枠目の全部にわたつて前者は後者より必ず高温になつている。このように系統的な水温の食違いが生じた原因としては、いろいろの要因（たとえば、カツオ竿釣は昼間に、サンマ棒受網は夜間に行われるために、表面水温の日周変化の影響及び昼夜の気温と水温の差の逆転による測定誤差の影響も考えられる。或はまたカツオとサンマの適水温帯が細かく枝を張つたように複雑にいり乱れ、5 日間の短期間でもこの両水帯のいりこみ状態がかなり変化することも考えられるが、これは現今の観測技術では実証できない。）が考えられるが、始めに述べた理由が最も大きく働いていると考えるのが妥当である。

上述したように漁獲水温値だけに基いて描かれた表面等温線は真の表面水温の分布状態より著しく歪んだものとなる。しかし漁場往復の航海中に継続して測定された表面水温値を用いれば、上述の偏りは幾分是正される訳である。

上段(並文字)…カツオ漁船の測定水温値} 経緯度 20 分枠目内の平均値で括弧内は測定回数
中段(細文字)…サンマ漁船の測定水温値
下段(太文字)…前 2 者の差

142° E	143°	144°	145°	146°
	17.7(3)	19.3(1)	18.9(4)	19.5(2) +1.0
	20.5(2)		18.1(13)	18.9(10)
				19.0(9)
				18.7(15)
				19.5(2) +0.5
				19.0(1)
				19.2(1)
				18.5(9)
				19.7(4)
				20.6(3)
				19.1(4)
				19.0(5)
				19.7(2)
				20.9(2)
				19.0(17)
				21.3(2)
				19.5(2)
				20.6(3)
				19.1(4)
				19.0(5)
				19.7(2)
				20.9(2)
				19.0(17)
				21.3(2)
				19.5(2)
				20.6(3)
				19.1(4)
				19.0(5)
				19.7(2)
				20.9(2)
				19.0(17)
				21.3(2)
				19.5(2)
				20.6(3)
				19.1(4)
				19.0(5)
				19.7(2)
				20.9(2)
				19.0(17)
				21.3(2)
				19.5(2)
				20.6(3)
				19.1(4)
				19.0(5)
				19.7(2)
				20.9(2)
				19.0(17)
				21.3(2)
				19.5(2)
				20.6(3)
				19.1(4)
				19.0(5)
				19.7(2)
				20.9(2)
				19.0(17)
				21.3(2)
				19.5(2)
				20.6(3)
				19.1(4)
				19.0(5)
				19.7(2)
				20.9(2)
				19.0(17)
				21.3(2)
				19.5(2)
				20.6(3)
				19.1(4)
				19.0(5)
				19.7(2)
				20.9(2)
				19.0(17)
				21.3(2)
				19.5(2)
				20.6(3)
				19.1(4)
				19.0(5)
				19.7(2)
				20.9(2)
				19.0(17)
				21.3(2)
				19.5(2)
				20.6(3)
				19.1(4)
				19.0(5)
				19.7(2)
				20.9(2)
				19.0(17)
				21.3(2)
				19.5(2)
				20.6(3)
				19.1(4)
				19.0(5)
				19.7(2)
				20.9(2)
				19.0(17)
				21.3(2)
				19.5(2)
				20.6(3)
				19.1(4)
				19.0(5)
				19.7(2)
			</	

142°E	142°	142°
143°E	143°	143°
144°E	144°	144°
145°E	145°	145°

22

[illegible]

1953年9月21日～25日

142° E	143°	144°	145°	146°	146°
		16.9 (1)	18.0 (6)	18.2 (3)	
鯨	19.3 (1)	20.8 (3) 17.9 (7) +2.9	20.8 (10) 17.7 (6) +3.1	20.7 (2) 19.2 (2) +1.5	17.0 (2)
角	17.8 (1)	20.0 (6) 18.4 (3) +1.6	21.4 (19) 17.8 (2) +3.6	21.4 (3) 17.8 (1) +3.6	20.9 (1) 16.3 (1) +4.6
	19.3 (1)	19.4 (2) 16.5 (4) +2.9	20.7 (16)	21.1 (6)	21.8 (1)
鯨	21.5 (1) 16.4 (1) +5.1	20.4 (1)	21.1 (4) 19.5 (1) +1.6	21.5 (4)	21.8 (1)
鯨	18.0 (1)	19.9 (1)		20.8 (3)	21.5 (1)
	16.5 (2)	17.0 (1)			15.6 (1)
	16.9 (3)				
金華山			21.0 (2)		

(iii) 外洋における表面水温の日周変化の影響の除去

外洋における表面水温の日周変化については今世紀の始め頃から 2, 3 の人々により研究されているが、日本近海のものについては定点観測による系統的資料を用いた増沢 (1951) と小泉 (1956) による 2 研究が挙げられる。観測された場所は北方定点 (39°N, 153°E) と南方定点 (29°N, 135°E) であり、強い海流が流れる機会の少ない表面水温の場所的变化が割に小さいのであるから、平均すれば移流の影響は除かれたものと考えてよい。これらの研究により求められた表面水温の日較差は第 2 表のように要約される。また日周変化の最高値は正午過ぎに、最低値は夜明け前に起きることが多い。

第 2 表 外洋における表面水温の日較差

研究者・観測資料	季節	天気・風速	平均日較差
増 沢 (1951), 南方定点 1949 年毎時観測	夏・秋	晴・薄曇, 5~6 m/sec 以下	1.1°
		晴・薄曇・高曇, 10~5 m/sec	0.6°
小 泉 (1956), 北方定点 1948~1953 年 毎 3 時観測	春	区分せず	0.2°~0.3°
	夏		0.5° 前後
	秋		0.2°~0.3°
	冬		0.2° 以下
小 泉 (1956), 南方定点 1950~1953 年 毎 3 時観測	春	区分せず	0.5° 前後
	夏		0.5°~0.7°
	秋		0.3°~0.5°
	冬		0.3°~0.5°

第 2 表に示されたように夏の晴れた風の弱い時には表面水温の日周変化は無視できなく、適当な補正表を用いるか (増沢、1951) 後に述べるように同一時期の多数の観測値を海面上の一定の柁目毎に平均するかの方法によつてその影響を除かねばならない。しかし 1 隻の船が航海中に毎時表面水温を観測するような場合には、日周変化の極値が起きる頃の観測値が 2, 3 箇集中して同一の柁目内に落ちる確率は小さくなく、これは表面水温の場所的变化の大きい所では大して問題にならぬが、一様な水温の区域では孤立した小規模な高温域・低温域を等温線図に生じさせる結果となるから、実際に等温線を描くに当つては注意してこれを除かねばならない。

次に日射が強くべた凪ぎの時には、海面の極く薄い層のみが一時的に過熱されることがある。海洋観測指針 (1955) によれば、海面下 1~2 m 間の攪拌された海水の水温測定値を以て 0 m 水温値と定義しているが、この観測法が広く徹底しておらず、往々にして極く海面部の海水の水温を測定することが多い。吃水の深い船では攪拌が自然に生じて都合が良いが、吃水の浅い船では文字通りの表面の水温を測定する結果となつて、所定の手続きによつた観測値とは異つたものを得る訳である。このような誤測値が入つて来た場合には、上述と同様な注意を以て等温線を描かねばならない。

3. 比例補間法の吟味

観測点が格子状に一定の間隔で分布している時には、比例補間法に従つて等温線を描くべきであると普通考えられているが、これについて検討してみる。

4 箇の短形状に配列された観測点 A (0, 0) B (h, 0) C (h, k) D (0, k) における水温観測値が与えられた時に、比例補間法によつて等温線を描く操作は次の 2 段階に分解される。第 1 の操作は短形の各边上における比例補間であり、これは等温線を描く前に観測点を結ぶ線上で等温線が通るべき点を鉛筆で軽く目印する操作に相当する。今 1 平面上の実際の温度分布が函数 $f(x, y)$ で表わされると考えて補間値を添字 i で示すと、この操作は次式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} f_i(x, 0) &= f(0, 0) + \frac{x}{h} [f(h, 0) - f(0, 0)] \\ f_i(0, y) &= f(0, 0) + \frac{y}{k} [f(0, k) - f(0, 0)] \\ f_i(x, k) &= f(0, 0) + \frac{x}{h} [f(h, k) - f(0, k)] \\ f_i(h, y) &= f(0, 0) + \frac{y}{k} [f(h, k) - f(h, 0)] \end{aligned} \right\} \quad 0 \leq x \leq h, \quad 0 \leq y \leq k \quad (1)$$

第 2 の操作は上式で示される短形の各边上の補間値を用いて、更に短形内部の比例補間を行うことであり、これは次式で表わされる。*

$$\left. \begin{aligned} f_i(x, y) &= f_i(0, y) + \frac{x}{h} [f_i(h, y) - f_i(0, y)] \\ \text{または} \\ f_i(x, y) &= f_i(x, 0) + \frac{y}{k} [f_i(x, k) - f_i(x, 0)] \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

(2) の第 1 式は 2 辺 AD, BC 上の補間値を用いた場合であり、第 2 式は AB, DC 上の補間値を用いた場合である。両式に式 (1) を代入すれば等しくなつて

$$\begin{aligned} f_i(x, y) &= f(0, 0) + \frac{x}{h} \left(1 - \frac{y}{k}\right) [f(h, 0) - f(0, 0)] \\ &\quad + \frac{y}{k} \left(1 - \frac{x}{h}\right) [f(0, k) - f(0, 0)] + \frac{xy}{hk} [f(h, k) - f(0, 0)] \end{aligned} \quad (3)$$

このような比例補間法によつて得られる等温線は、式 (3) から判るように

$$f(0, 0) + f(h, k) = f(h, 0) + f(0, k)$$

の場合には一般に双曲線、

$$f(0, 0) + f(h, k) = f(h, 0) + f(0, k)$$

の場合などでは直線となる。もちろん、これは 1 箇の短形内部の場合である。

一方真の水温分布は、格子点間隔 h, k が小さければ、数箇の短形を含んだ領域において同一の 2 次式で表わされると仮定してよい。すると

* 実際に等温線を描く場合には、短形 ABCD を取巻く周りの短形内の補間値をも考慮して、等温線のつなぎ目が滑らかになるように修正するが、この修正は微小であると考え無視する。

$$f(x, y) = f(0, 0) + xf_x(0, 0) + yf_y(0, 0) + \frac{x^2}{2}f_{xx} + xyf_{xy} + \frac{y^2}{2}f_{yy} \quad (4)$$

の 2 次の微係数は考えている領域で常数となる。式 (4) から $f(h, 0)$, $f(0, k)$, $f(h, k)$ を求め式 (3) に代入したものから式 (4) を差引くと比例補間法によつて描いた等温線によつて定まる水温値の真の水温値からの偏差

$$\varepsilon = f_i(x, y) - f(x, y) = \frac{x}{2}(h-x)f_{xx} + \frac{y}{2}(k-y)f_{yy} \quad (5)$$

が求められる。式 (5) は南日 (1957) が求めた式と似ているが少し異つている。これは本報では ABD の 3 箇の観測点だけでなく、点 G も考慮して実際に等温線が内挿されると考えたことによる。

式 (5) で $f_{xx}f_{yy} > 0$ であれば、 ε は矩形の中央点で極値をとり

$$|\varepsilon| \leq \frac{1}{8} |h^2 f_{xx} + k^2 f_{yy}| \quad (6)$$

その他の場合には

$$|\varepsilon| \leq \frac{h^2}{8} |f_{xx}| \quad \text{または} \quad |\varepsilon| \leq \frac{k^2}{8} |f_{yy}| \quad (7)$$

等温線に沿つた或向きの方角微分を $\frac{\partial}{\partial s}$, この方向に垂直左手の向きの等温線を横切る方向微

分を $\frac{\partial}{\partial n}$ で表わし、 $h = k = l$ とおき自然座標と同様な取扱い方をすると

$$\frac{\partial f}{\partial s} = \frac{\partial^2 f}{\partial s^2} = 0$$

であるから、第 1 の場合 (6) は

$$|\varepsilon| \leq \frac{l^2}{8} \left| \frac{\partial^2 f}{\partial n^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial f}{\partial n} \right| \quad (8)$$

となる (川合、1957)。その他の場合 (7) は式 (8) の特別の場合に他ならない。ここに R は等温線の曲率半径を表わし、 n が曲率中心に向かう時には $R < 0$, 逆向きの時には $R > 0$ である。

次に真の値を示す等温線から補間値を用いて描いた等温線がずれる距離は

$$\left| \frac{\varepsilon}{\frac{\partial f}{\partial n}} \right| \leq \frac{l^2}{8} \left| \frac{\frac{\partial^2 f}{\partial n^2}}{\frac{\partial f}{\partial n}} + \frac{1}{R} \right| \quad (9)$$

で近似的に示される。式 (8) は式 (6) と同一のものであるから、 ε の上限は仮定により数箇の辨目にわたつて一定に近いが、そこを離れると別の値をもつてもよい訳である。従つて真の等温線から補間等温線がずれる距離は式 (9) より*

(i) 格子点間隔 l の平方に比例する。

* ここでは ε 自身よりも海況判断の根拠となる等温線の形を問題にしており、これに近いものとして式 (9) について吟味する訳である。

(ii) 温度勾配の緩やかな所で大きい。

ばかりでなく、

(iii) 直線状の潮境では小さいが、曲率が増すと大きくなる。

(iv) 帯状高温域または低温域の潮境のやや内側より中軸にかけての部分で大きい。

(v) 円形に孤立した高温域または低温域を取巻く潮境より内側の部分で大きい

[式(9)の右辺の2項が同符号となる]。

上のような場合には忠実に比例補間法に従うよりも、4, 5, 6の各節を考慮して等温線を描く方がよい。特に観測点間隔が大きく変る場合には、比例補間法をそのまま適用することは意味がない。しかし帯状海流をジグザグに横断する航跡に沿って、ほぼ等間隔で細かく観測が実施されている場合には、その航跡上でのみ比例補間法を採用すべきである。もちろん上述の各項に該当する箇所は除外しての話である。

以上に述べたのは空間的比例補間法であるが、時間的比例補間法は観測値の集まり方から見て実際には不可能である。

4. 観測点間隔と一斉観測よりの観測時のずれ

漁場の成立条件として海況を調べるには、黒潮前線・最高水温帯・内側低温帯の中ぐらいのスケールをもつた特性的な海況構造が等温線図に反映される程度に観測点間隔 Δd を狭くせねばならず、少なくとも $\Delta d < 20 \sim 30$ マイルの条件が必要である。

一方、海洋では括がりのある区域の一斉観測は厳密には不可能であり、定常状態でない限り観測時のずれの影響が問題になってくる。今、等温線図に現われる潮境・山線・谷線などの特性線が移動する伝播速度を c で示すと、 Δt の観測時のずれのために見かけ上これらが移動する距離は $c \Delta t$ である。もしも

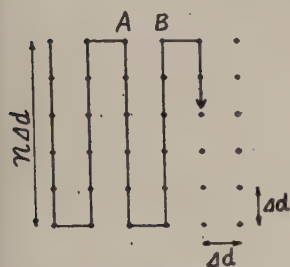
$$c \Delta t < \Delta d \quad (10)$$

の条件が満足されていれば、この見かけ上の特性線の移動は隣の観測点にまで波及せず、等温線図の歪みは大きく現われずにすむ。最近の観測によれば潮境の横方向への移動速度は $c \sim 10$ マイル/日 ~ 0.4 ノットであるから、 $\Delta d \sim 20$ マイルとすれば $\Delta t < 2$ 日となる。これは現在の観測技術では到底達成せられぬ条件であるが、とにかく細かい空間的スケールを問題にすればする程観測時のずれも小さくする必要がある。

更に北方定点で観測される 25~45 日の周期をもつた少なくとも 100 m 層以深に及ぶ水塊の水平的移動や (小泉、1956)、八丈島の検潮記録に現われる 1~2 ケ月程度の周期をもつた日平均水位の変動の原因と考えられる黒潮前線の位置変動 (庄司、1955) などは、漁況変動に密接に関連している筈であり、この程度の短周期の海況変動を明らかにするためには、従来の 1 旬 1 枚の表面等温線図では観測時のずれが大き過ぎる。しかし観測資料の集まり方から見て、実際的に可能な時間的間隔として現在のところ 5 日間に 1 枚の等温線図を作製し、最初と最後の日の観測値を参考程度に用いるようにすれば、或程度 (10) の条件を満足させることができる。

以上は表面水温の観測値があらかじめ与えられた場合に、どのくらいの長さの期間に区切つて

等温線図を作製すべきかを示したものであるが、計画的に観測を実施する場合には、観測区域の域にわたつて条件 (10) が満足されることは難しいから、近接した観測点の間でこの条件が満されるように観測線を定めるのが实际的であろう。1 隻の調査船により一定の間隔 Δd で格子に配列した観測点を第 1 図のような観測線に従つて航海する場合に、観測点間隔 Δd と 1 本の



第 1 図 観測線
観測点は一定の距離・間隔 Δd 毎に分布している

横断観測線上の観測区間の数をどのように決めたらよいかを次に述べる。第 1 図の隣つた観測点の中で最も観測時のずれが大きくなる箇所は AB のような 2 点間である。

1 本の観測線上に n 箇の観測区間があるとし (観測点の数は $n+1$ 箇)、船の速さを V ノット、1 点の観測時間を T 時で示すと、条件 (10) は AB の 2 点については

$$(2n+1)\left(\frac{\Delta d}{V} + T\right) < \frac{\Delta d}{c} \quad (11)$$

となる。表面水温の測定や BT 測温のように航走中に行ける観測に対しては観測時間を 0 と見なしよく、式

1) は

$$2n+1 < \frac{V}{c}$$

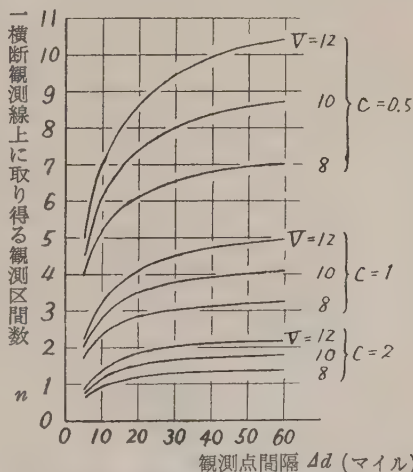
なり、間隔 Δd によらずに n が定まる。その結果は第 3 表に示される。また $T=0.5$ 時とし

第 3 表 観測時間を 0 と見なし得る観測を第 1 図の形の観測線に従つて行う場合に 1 横断観測線に取り得る観測区間の箇数

c	0.5	1	1.5	2
V				
6	5	2	1	0
8	7	3	2	1
10	9	4	2	1
12	11	5	3	2
14	13	6	4	2

V : 船の速さ (ノット)

c : 特性的な等温線の型の伝播速度 (ノット)



第 2 図 観測点間隔と 1 横断観測線に取り得る観測区間数との関係

V : 船の速さ (ノット)

c : 特性的な等温線の型の伝播速度 (ノット)

、2, 3 の V と c の値に対する Δd と n の関は式 (11) により第 2 図に示される (図中の曲で示される値より小さい最大の整数を n にすればよい)。第 2 図を見て明らかのように

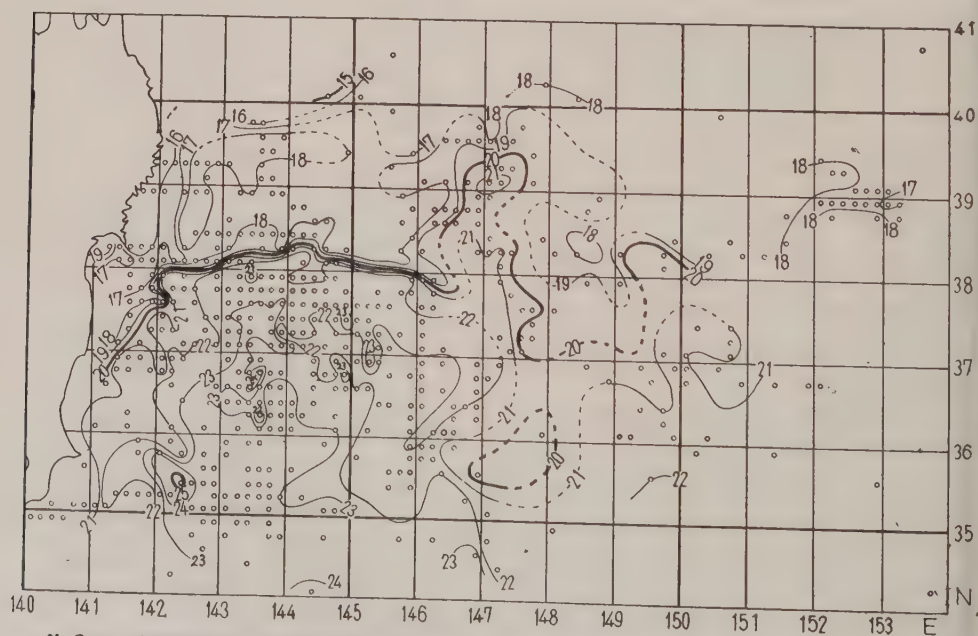
2 ノット以上の現象を調査するには 10 ノット前後の速さの調査船 1 隻では無理であり、4 隻の調査船による一斉観測が必要である。

定性的な等温線解析に対して許容され得る観測時のずれは式 (10) で示された訳であるが、絶

対渦度保存則に基いた数値予報が可能のための計算安定の条件は、逐次積分を行う次の時点までの時間間隔の長さを制限する形となるから、この場合に許容され得る観測時のずれは式 (10) より更に厳しく制限されることはもちろんである。

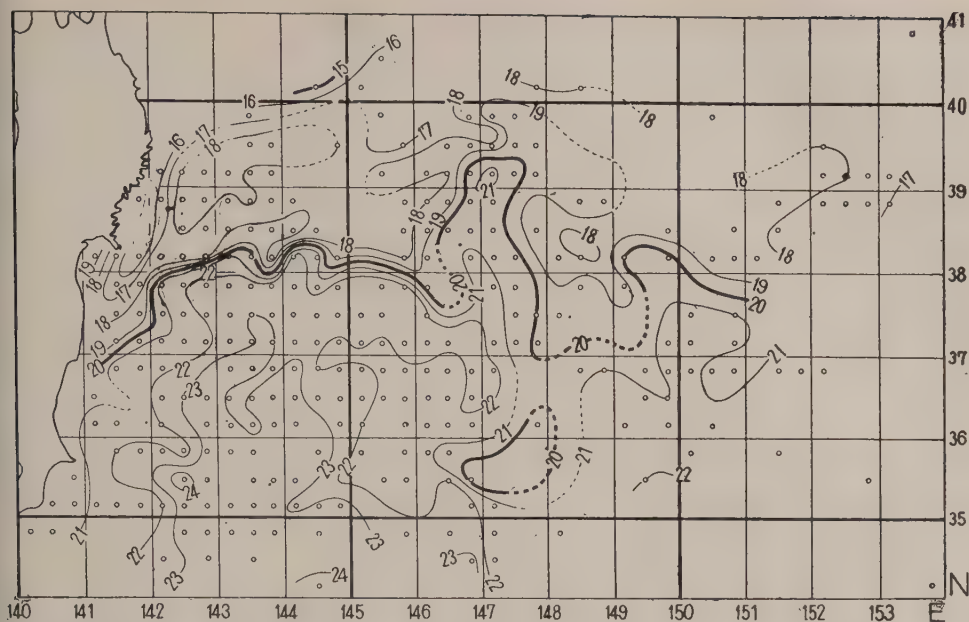
さて観測点間隔 $4d$ は、漁場の成立条件を明らかにするという目的に対しては、少なくとも 20~30 マイルに選ぶ必要があると始めに述べたが、これ以上細かく取つては観測時のずれの大きさに比べて意味がないことは上述した通りである。実際問題としてしばしば起るように表面水温が短期間に局所的に密集して与えられた場合には、経緯度 20~30 分の柵目毎に選ばれた箇の代表水温値を用いて等温線を描くと、等温線の著しい密集、不規則な凹凸、著しく大きい率、隣合った等温線の間隔の不規則な変化などの局所的な等温線の複雑さを避けることができ

一例として 1953 年 7 月中旬前半の東北海区の表面水温観測値* を経緯度 10 分、20 分、1 度の柵目毎に平均した値に基いて描いた 4 枚の表面等温線図を示す(第 3~6 図)。ほぼ時期の 100 m 層等温線図と比較して見ると(第 7 図)、黒潮前線に対応する潮境が何れの表面等温線図にも現われているが、1 度の柵目平均では(第 6 図)ぼやけてしまう。これは黒潮前線の側の三陸近海にある第 1 暖水塊 (W_1) が 10~30 分の柵目平均では(第 3~5 図)黒潮水域り完全に切離されているが、1 度の柵目平均では(第 6 図)両者が連続してしまうことによる。また最高水温帯も 1 度の柵目平均では認められない(第 6 図)。逆に 10 分の柵目平均では等温が局所的に複雑になり過ぎる所があり(第 3 図)、これは観測時のずれ、位置の誤差、観測点布の粗い箇所との釣合などの点から考えて意味がない。従つて経緯度 20~30 分柵目平均のも

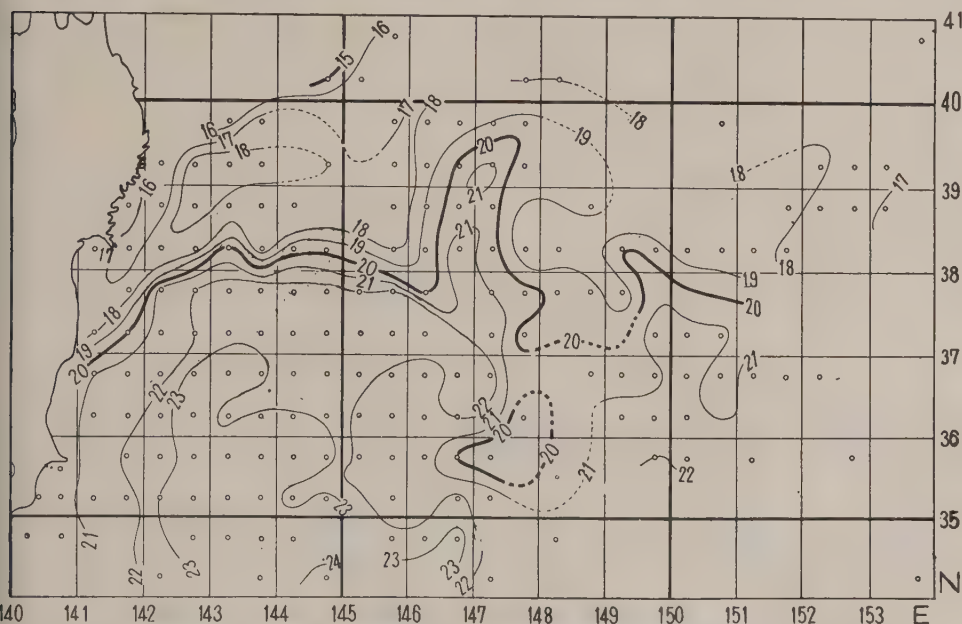


第 3 図 経緯度 10 分の柵目毎の平均値を用いて描いた表面等温線 1953 年 7 月 11 日~15 日

* 蒼鷹丸・竹生丸・宮古丸・早池峯丸・第 11 関丸の調査船ばかりでなく、カツオ漁船による観測値も疑わしい値を除いて用いた。



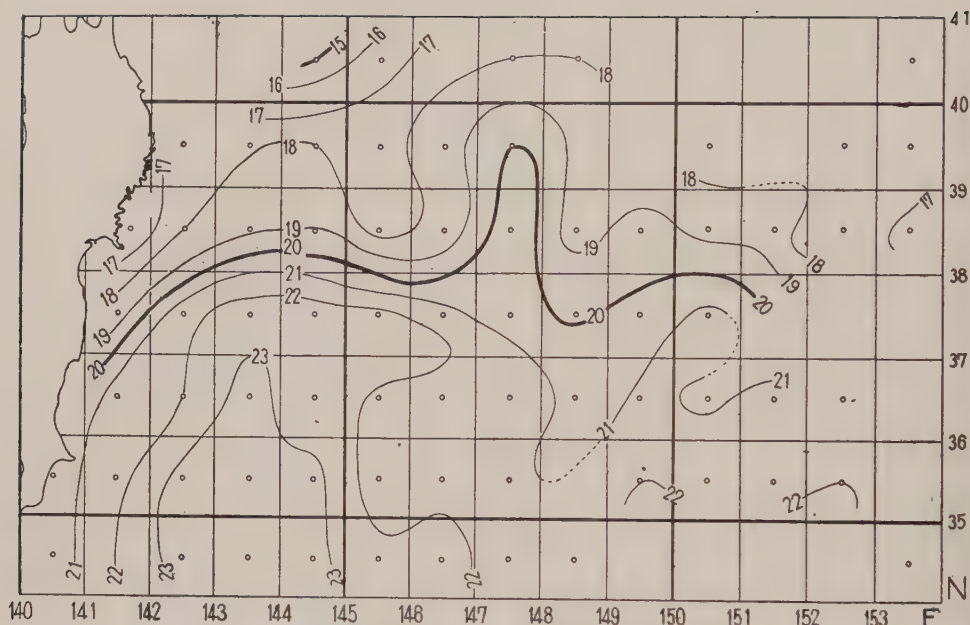
第 4 図 経緯度 20 分の樹目毎の平均値を用いて描いた表面等温線 1953 年 7 月 11 日～15 日



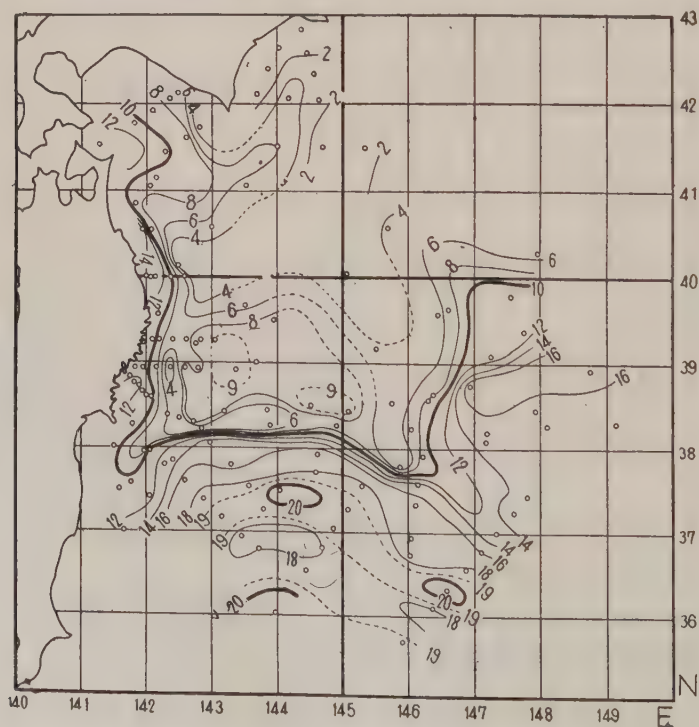
第 5 図 経緯度 30 分の樹目毎の平均値を用いて描いた表面等温線 1953 年 7 月 11 日～15 日

適当となる。

以上のような樹目平均の操作を施しても観測値が全くないために代表値を置くことのできない
目が幾つかあると、数本の等温線からなる潮境に沿って等温線の間隔が極端に狭まつたり拡が
たりすることがある。もちろん観測点が一様に分布していて根拠がある場合は別であるが、単



第 6 図 経緯度 1 度の罫目毎の平均値を用いて描いた表面等温線 1953 年 7 月 11 日～15 日



第 7 図 100 m 層等温線 1953 年 7 月中旬

に観測網の不十分さだけに起因して他に特別の意味がない限り、等温線の間隔が著しく変化せぬように描いた方がよいであろう。

5. 海 況 モ デ ル

天気図解析の際によく用いられる方法であるが、考えている区域に必要な観測資料が充分に与えられていない場合には、充分な資料を基にして既に作られてあるモデルを参考にすると、等温線が割合に容易に描ける。東北海区の海況モデルとしては筆者が以前に提唱したものがあるが(川合、1955)、その後の精密な観測(増沢、1955 1956 a b)によつても、水塊配置の模式的分布はこのモデルによつて代表され得る。しかしこれは黒潮前線の蛇行があまり著しくない場合のもので、蛇行の激しい場合には内側低温帯・最高水温帯などの帯状構造が破壊されることがある。更に黒潮前線が主黒潮前線と2次的黒潮前線に分岐することもあるが、これについては別の機会に詳しく述べたい。

次に暖候期の表面等温線では、この水塊配置モデルと細部において食違いがあり、たとえば第1暖水塊(W_1)または第2暖水塊(W_2)が温度躍層より下層では黒潮前線の南側の純黒潮系水域から完全に切離されている場合でも、黒潮水域と W_1 または W_2 の表層の暖水は連続していることが多い。このようにこのモデルをそのまま暖候期の表面等温線に適用することはできないが、下層の水塊配置を幾分でも推測しながら表面等温線を描くと、割に描き易く妥当な結果を得ることが確かである。東北海区では山線・谷線がNE~SWの方向に傾いた波状等温線を無難に作ることが幾つか重ねたような等温線図をよく見かけるが、このような単純な形式的な等温線からは漁況との関連性を掴み出すことは無理であろう。

次に黒潮前線のような強い海流のある所では、寒候期はもちろん暖候期でも表面等温線は大体海流に平行して走る場合が多い。しかし低気圧が通過したり、海況の変化が著しいような場合には上の関係は成立たない。

また天気図の等圧線の場合には細長い高圧帯を描かぬように普通いわれているが、水温の等温線の場合には細長い最高水温帯があることは疑うことのできない事実であるから、この禁制は当てはまらない。

6. 水 温 分 布 の 空 間 的 及 び 時 間 的 連 続 性

吾々は海水に対しては通常これを連続体と見なして取扱う立場をとっている。海水の一属性である水温についても、特別な理由のない限り、連続量と見なすのが妥当である。等温線を描くに当たっては空間的連続性の方はよく考慮されているが、時間的連続性については一般にあまり注意が払われていない。これは時間的観測間隔が空間的観測間隔に比べて長過ぎることに起因している。

(i) 空間的連続性

単に水温分布函数が連続であるばかりでなく、その導函数もまた連続であると考えて等温線を描く。更に或1本の等温線の一方の側の水温はその等温線の示度より高く、別の側の水温は低くなるような条件が満足されなければならない。この条件を満足しないような温度分布も考えられるが、習慣上それに適合するように等温線を描くことになっている。従つて最高、最低水温帯の中心軸に一致するような1本の等温線、枝分れや交差する等温線を描かぬしきたりになっている。

(ii) 時間的連続性

或示度の等温線、潮境、孤立した高低温域の中心、舌状の高低温帯の中軸、蛇行等温線の峯または谷などの位置の変化が時間的に連続して追跡できるように等温線を描かねばならない。更にこれらの変化が水塊自身の水平または鉛直方向の移動、大気との熱交換、渦動拡散などによつて物理的に説明が可能であることが望ましい。これらの条件が満たされない場合には等温線を修正する必要がある。

7. む す び

海面の現象は下層のそれに比べて手軽に観測し易いという身近さをもっているにも拘らず、海面そのものは大気と海水が互いに影響し合う境界領域であることから、そこに起きる現象は複雑でその本質を掴むことは難しい。しかし観測、調査報告或は海況、漁況速報の発行などの現業に携わる吾々にとつては、たとえ資料が不十分であつても、否応なしに等温線を描かねばならない羽目にある。このような場合のために、合理的でありしかも実的な方法を本報で取りまとめみた次第である。

本稿を読んでいろいろと配慮して戴いた当所長木村喜之助博士、資源部長山村弥六郎博士に厚くお礼を申上げる。

参 考 文 献

- 川合英夫 (1955). 東北海区における極前線帯とその変動について (I), (II). 東北水研報告 (4), (5).
- Kawai, Hideo (1957). On the natural coordinate system and its applications to the Kuroshio System. *Bull. Tōhoku Reg. Fish. Res. Lab.*, (10).
- Koizumi, Masami (1956). Researches on the variations of oceanographic conditions in the region of the ocean weather station "Extra" in the North Pacific Ocean (IV), (V). *Pap. Meth. Geophys.*, 7 (2).
- 増沢謙太郎 (1951). 大洋に於ける表面水温の日変化. 海洋学会誌 6 (3).
- Masuzawa, Jotaro (1955). Preliminary report on the Kuroshio in the eastern sea of Japan. *Records Oceanogr. Works Japan*, 2 (1).
- (1956 a). A note on the Kuroshio farther to the east of Japan. *Oceanogr. Mag. (CMO)*, (2).
- (1956 b). On the cold belt along the northern edge of the Kurshio. *Oceanogr. Mag. (JMA)* 8 (2).
- Nan'iti, Tosio (1957). A preliminary study for numerical prediction of oceanic conditions. *Oceanogr. Mag. (JMA)*, 9 (1).
- 日本海洋学会 (1955). 海洋観測指針 東京
- Shoji, Daitaro (1955). On the variations of daily mean sea levels and the Kuroshio from 1954 to 1955. *Proceedings of the UNESCO symposium on physical oceanography 1955, Tokyo*.

アブラガレイ (*Athresthes evermanni*) のビタミン A 含有量の研究 (第 2 報)*

山 村 弥六郎 ・ 武 藤 清一郎

STUDIES IN THE VITAMIN A CONTENTS OF THE OIL SOLE (*ATHRESTHES EVERMANNI*) (II)

By

Yarokuro YAMAMURA and Seiihiro MUTO

Adding the 186 data (♀ 132, ♂ 54) concerning the Oil sole (*Athresthes evermanni* JORDAN & STARKS) caught in the Tohoku sea region from Erimo to Shiogama, during June 1954 and May 1956 to the previously reported results (1), the Vitamin A contents and their rise and fall in the liver and viscera were discussed. (Total 349; ♀ 264, ♂ 85 individuals)

The vitamin A contents were estimated colorimetrically being denoted by C.L.O. Units on the oil extracted by ether mincing these organs with anhydrous sodium sulphate, and converted to U.S.P. Units. by multiplying C.L.O.U. by 550.

But in case of the material such as muscle or gonads which contain a low level of vitamin A and other interfering substances such as carotene or sterol, the estimation of the vitamin A contents were made by employing the chromatographic method of Fujita et al (2).

The data obtained in the present investigation are summarized in Tables 1-11 and constructed in Figs 1-11, from which the following facts were inferred.

1. The ratio of the liver and the body-weight were ordinarily 2-6 per cent and the mean of the female fish, 3 per cent and 2 per cent of the male.

The visceral ratios are 1-4 per cent, and the mean of ♀, ♂ being 2 per cent respectively.

2. The sizes of the liver tend to decrease owing to the ripening of the gonads.

3. The vitamin A is distributed in no less than 99 per cent in the liver (14-35%) and the viscera (65-86%), 0.01-0.3 per cent in the muscle (4-86 I. U. per 100 g), and only 0.1 per cent in the stomach, the kidney, and the egg etc.

4. The amount of vitamin A per 1 kg of the whole fish is related with the distribution of the vitamin in the liver and the viscera.

5. The vitamin A tend to accumulate in the viscera prior to the liver according to the increase of the body-length in the extent of 40-55 cm in which size this species is matured.

6. The vitamin A accumulates in the viscera more than twice than in the liver during the ripening of the gonads.

7. Positive correlations were well recognized in the spawning stage (December)

between the vitamin A content and the body-length. But not always in other seasons.

8. Oil contents of the female liver were 35–40 per cent for the body-length of 40–60 cm, but decreased to less amounts for the more ripened stages. That of the male fish ranged between 20–40 per cent, and sometimes it exceed 40 per cent in case of large immaturated ones.

9. Oil contents of the viscera of the female fish were 2–6 per cent — averaging 3 per cent for the immaturated fish, but it was 3–4 per cent in the ripened one. In the male fish it was 1–6 per cent.

10. Significant correlation could scarcely be recognized between the oil content and the vitamin A potency.

11. It seems that the sexual maturity could have no influences upon the vitamin A contents of the liver and the viscera in this species.

12. The vitamin A contents per kilogram of the body-weight increased according to the increase of the body-length, and a sharp increase took place in the 50–60 cm size fishes.

13. The differences of vitamin A potency of liver or viscera, and the amounts per 1 kg of body-weight were not due the fishing ground, the depth of water or the season in the extent of this investigation.

アブラガレイのビタミンA (以下 VA と略記す) 含有量については第1報(1)に報告したが、その後 1954 年 6 月より 1956 年 5 月にわたって得られた資料を加えて、本種の VA 含有量とその消長について考察したので、その結果を取りまとめて報告する。

試料としては東北海区水産研究所調査船及び八戸漁市場にて採取した ♀ 113 尾、♂ 34 尾、147 尾、塩釜魚市場及び関上港で採取した ♀ 19 尾、♂ 20 尾計 39 尾を含む。第1報の資料と合せて ♀ 264 尾、♂ 85 尾計 349 尾を考察の対象とした。

実験方法は第1報と同様であり、実験結果は第1表に示す通りである。

VA 定量法は通常試料肝油をイソプロパノール溶液とし、328m μ の吸収を測定するが、本実験では実験の条件、設備等の関係で、三塩化アンチモン試薬を用いる比色法——大島式——を採用した。従つて測定単位は C. L. O. U. で表わされるが、第1報に記載したようにアブラガレイの場合は換算係数 550 を用いて U. S. P. U. に換算し得るので、本文中の VA 単位は C. L. O. U. に 550 を乗じて換算し U. S. P. U. で表わしてある。

VA は主として肝臓及び幽門垂と腸の2部に分けて測定し、他の内臓は各個体については測定していない。幽門垂と腸の合せたものを第1報では内臓 (Viscera) と称したから、本報でも特に断らない限り、内臓とは幽門垂と腸の意味に解されたい。

1. 体長と体重の関係

八戸で採取された試料より、体長と体重の間には第1図に示すように、

$$W=5.88\times 10^{-3}L^{3.27}$$

の関係式が得られた。

尚東北水研八戸支所で測定した試料中 1953 年の分について、漁場・時期別の体長と体重の関係式を第2表に示した。関上の試料は少いので今回の取扱いから除外した。

Table 1. アブラガレイの肝・内臓中のビタミン A 含有量

f=550

時 期	漁 場 深 度	性	体長 cm	体重 g	肝		臓		内 臓		(幽門垂+腸)		成 熟 度			
					重量 g	含油率 %	ビ タ ミ ン A		重量 g	含油率 %	ビ タ ミ ン A					
							C.L.O.U	U.S.P.U			C.L.O.U	U.S.P.U				
1954 年 9 月 24 日	No. 54 750m	♀	46.0	1,820	43.9	38.5	28.0	15,400	30.5	2.78	720	396,000	a			
			58.0	3,420	127.3	35.9	30.0	16,500	42.5	4.13	820	451,000	c			
			52.0	2,470	92.6	31.8	16.0	8,800	28.0	3.43	880	484,000	c			
			48.1	3,340	112.0	38.8	19.2	10,600	63.5	6.79	610	336,000	c			
			53.0	1,320	91.4	39.6	16.0	8,800	31.0	2.90	1,330	730,000	c			
			52.0	1,430	65.3	32.1	23.0	12,600	41.0	3.72	890	489,000	c			
			49.3	2,480	54.2	24.5	21.2	11,700	50.5	3.56	445	244,000	c			
			48.0	1,740	96.0	31.2	12.6	6,900	41.5	3.12	1,180	650,000	a			
			44.0	1,200	50.0	29.8	16.0	8,800	48.5	3.36	265	146,000	a			
			45.0	1,400	23.5	34.4	12.0	6,600	21.5	2.38	580	319,000				
12 月 2 日	No. 54 600m	♀	43.0	2,090	59.4	37.4	13.2	7,300	28.5	7.53	400	220,000	a			
			45.5	2,720	67.5	31.7	16.0	8,800	32.5	0.96	290	160,000	b			
			60.5	4,220	183.0	22.5	30.0	16,500	33.6	6.07	1,060	583,000	b			
			56.5	3,690	142.5	/	/	/	46.5	7.33	420	231,000	b			
			51.5	2,500	63.2	33.4	18.0	9,900	43.5	3.07	700	385,000	b			
			63.0	4,340	101.5	21.1	30.0	16,500	47.5	3.41	1,760	970,000	b			
			51.0	2,220	72.3	41.2	12.0	6,600	34.8	2.41	730	402,000	a			
			51.5	2,550	63.5	34.9	22.0	12,100	32.0	3.64	1,320	726,000	d			
			47.5	1,640	79.8	45.8	12.0	6,600	43.5	2.20	1,250	688,000	b			
			52.5	2,400	44.4	28.5	22.0	12,100	37.0	7.17	280	154,000	a			
			53.0	2,400	69.8	28.4	30.0	16,500	35.2	2.13	540	297,000	b			
			50.0	2,250	42.8	22.1	40.0	22,000	44.5	8.60	465	256,000	a			
			49.0	2,000	69.8	34.2	28.0	15,400	48.0	2.11	236	130,000	c			
			12 月 26 日	No. 120 700~ 950m	♀	48.5	3,055	48.0	25.2	24.0	13,200	35.2	3.61	1,200	660,000	d
44.0	2,510	46.5				32.7	13.6	7,500	22.5	1.97	1,360	749,000	c			
43.5	3,000	79.7				30.4	20.0	11,000	30.0	6.93	385	212,000	c			
42.0	2,290	49.0				37.3	12.0	6,600	28.5	1.99	250	138,000	c			
44.8	2,362	42.5				36.3	12.0	6,600	40.1	1.35	410	226,000	c			
47.7	3,372	89.0				46.5	16.0	8,800	31.5	1.71	1,260	693,000	c			
70.5	4,890	85.0				22.0	630.0	346,000	55.5	2.37	1,600	880,000	d			
52.9	2,835	73.2				35.3	40.0	22,000	30.0	1.99	1,500	825,000	d			
70.0	7,320	165.3				35.4	300.0	165,000	49.3	3.85	4,000	220,000	d			
59.5	4,140	78.6				25.7	140.0	77,000	48.2	2.99	3,300	1,820,000	d			
66.5	6,835	161.8				28.0	160.0	88,000	52.6	3.03	930	511,000	c			
1955 年 1 月 31 日	No. 124 250m	♀				32.5	615	13.4	22.1	7.6	4,200	13.4	2.67	194	105,000	a
						35.0	690	13.1	15.8	6.7	3,700	12.5	1.87	300	162,000	a
						34.0	745	16.2	19.0	6.0	3,300	/	/	/	/	a
			34.6	589	13.6	17.4	6.6	3,700	15.1	3.34	118	65,000	a			
			32.2	480	7.3	19.5	19.8	10,700	5.2	6.34	176	97,000	a			
			32.0	470	10.9	21.4	3.0	1,700	5.3	4.50	166	91,000	a			
		♂	31.8	510	7.6	16.4	25.7	14,100	15.3	2.54	205	113,000				
			27.5	300	5.3	28.7	5.6	3,100	13.8	1.19	365	201,000				
			29.5	411	7.1	12.1	28.5	15,700	2.8	6.04	70.5	38,800				
			25.2	270	1.9	16.3	19.2	10,600	6.3	3.69	130	71,500				
			33.0	592	13.8	24.8	11.0	6,100	9.6	6.79	154	84,800				
			31.5	460	6.9	20.5	11.2	6,200	5.1	9.45	138	76,000				
			♀	50.9	2,150	75.2	35.0	30.0	16,500	50.5	7.83	640	352,000	b		
				57.4	3,430	122.3	36.0	20.0	11,000	68.2	12.03	580	319,000	b		
50.0	2,040	45.5		36.2	22.0	12,100	35.0	2.32	1,300	715,000	a					
54.5	2,530	59.5		35.1	20.0	11,000	43.0	2.94	2,050	1,130,000	a					
50.8	2,260	62.5		33.6	16.0	8,800	57.8	3.92	770	424,000	a					
53.0	2,240	59.5		34.0	14.0	7,700	48.1	3.87	1,020	560,000	a					
♂	53.7	2,640	55.0	33.8	35.0	19,300	38.0	3.67	1,080	595,000	a					
	52.0	2,160	49.5	34.1	28.0	15,400	43.4	6.14	650	358,000	a					
	61.0	3,780	132.0	15.5	210.0	115,500	173.0	6.79	410	226,000	a					
	51.8	2,290	53.5	44.6	16.0	8,800	37.5	2.05	820	452,000	a					
	54.0	1,525	91.3	35.2	12.6	6,900	50.0	3.73	880	485,000	b					
	52.5	1,925	32.0	30.1	35.0	19,300	49.8	1.99	300	165,000	a					
	45.0	1,320	23.2	42.3	14.0	7,700	17.5	2.34	1,560	860,000						
	46.8	1,430	24.5	30.9	19.2	10,600	21.3	3.57	335	184,000						
	45.3	1,230	26.5	36.4	16.0	8,800	24.0	2.89	400	220,000						
	46.5	1,400	25.0	26.0	30.0	16,500	18.6	2.76	900	495,000						
	48.5	1,535	15.4	22.2	60.0	33,000	24.0	2.00	1,000	550,000						
	44.0	1,135	21.8	33.4	31.0	16,900	15.0	2.72	430	237,000						

その 2

時 期	漁 場 深 度	性	体長 cm	体重 g	肝		臓		内 臓		(幽門垂+腸)		収 穫 量	
					重量 g	含油率 %	ビ タ ミ ン A		重量 g	含油率 %	ビ タ ミ ン A			
							C.L.O.U	U.S.P.U			C.L.O.U	U.S.P.U		
3月 25日	No. 60 400m	♀	50.5	1,900	35.6	24.6	14.0	7,700	43.0	2.68	315	173,000	a	
			56.0	2,240	75.2	31.6	45.0	24,800	48.0	5.76	1,040	572,000	a	
			49.5	1,800	42.0	23.2	9.6	5,300	40.0	2.04	730	402,000	a	
			44.0	1,360	27.1	22.1	37.0	20,400	36.2	2.34	340	188,000	a	
		♂	54.0	2,700	87.3	33.5	6.6	3,600	70.5	4.14	220	121,000		
			43.0	1,120	21.4	33.4	13.0	7,200	11.0	2.56	1,070	590,000		
			45.0	1,235	25.1	27.6	12.0	6,600	25.0	1.54	470	259,000		
			44.5	1,400	36.5	30.7	9.0	5,000	42.5	7.26	103	57,000		
12月 12日	No. 35 400m	♀	51.0	2,400	87.5	21.2	20.0	11,000	55.5	6.04	370	204,000	a	
			54.0	2,640	89.5	28.2	13.2	7,300	43.0	5.04	545	300,000	a	
			53.5	2,480	69.5	27.8	12.0	6,600	37.5	2.55	620	342,000	a	
			49.2	2,000	47.0	31.4	12.0	6,600	28.0	2.03	400	220,000	a	
			55.0	2,860	65.0	23.5	50.0	27,500	43.0	2.94	530	292,000	a	
			53.0	2,910	73.5	29.5	32.0	17,600	19.5	4.18	785	432,000	a	
			48.5	2,000	38.0	30.3	20.0	11,000	27.0	2.51	600	330,000	a	
			51.0	2,360	77.5	27.7	16.0	8,800	51.0	2.91	530	292,000	a	
			60.0	2,610	131.0	26.8	35.0	19,300	60.0	3.75	2,000	1,100,000	a	
			42.7	2,572	88.0	30.7	12.0	6,600	42.5	3.43	350	193,000	a	
			55.5	3,002	106.0	23.1	12.0	6,600	69.5	3.44	1,020	560,000	a	
			57.1	3,140	87.0	31.5	48.0	26,400	52.0	3.09	1,600	880,000	d	
			51.0	2,610	76.5	23.7	25.0	13,800	46.0	3.46	1,140	627,000	d	
			46.5	1,844	40.5	19.8	24.0	13,200	31.0	2.65	610	336,000	d	
		♂	50.5	2,110	52.0	28.6	16.2	8,900	28.0	2.94	1,020	560,000	d	
			59.3	3,950	108.0	25.4	40.0	22,000	69.0	3.67	1,480	815,000	d	
			51.2	2,584	84.5	29.5	21.2	11,700	57.0	3.09	1,290	710,000	d	
			51.5	2,609	83.0	23.6	20.0	11,000	26.0	2.72	1,160	639,000	d	
			47.0	2,040	51.0	24.1	17.2	9,500	46.0	2.29	580	320,000	d	
			60.0	3,843	106.5	31.4	28.0	15,400	60.0	4.65	960	529,000	d	
			47.0	1,720	45.5	29.5	15.0	8,300	25.0	2.82	430	237,000	d	
			50.0	1,790	47.5	33.5	16.0	8,800	40.0	4.41	365	201,000	d	
			46.5	1,600	45.0	40.4	12.0	6,600	28.5	2.35	380	209,000	d	
			41.2	960	16.0	16.8	60.0	33,000	19.5	2.58	340	187,000	d	
			45.0	1,410	23.5	28.1	22.0	12,100	22.0	2.46	650	358,000	d	
			46.3	1,340	50.5	26.9	15.2	8,400	24.0	3.66	650	358,000	d	
			12月 14日	No. 125 600~ 800m	♀	48.5	1,968	64.0	31.7	15.2	8,400	28.5	3.13	510
52.8	3,065	75.0				37.8	18.9	10,400	44.5	2.53	620	341,000	c	
53.6	3,111	105.0				30.6	17.2	9,500	48.0	3.49	1,000	550,000	c	
49.8	2,271	94.0				27.0	12.0	6,600	106.0	3.88	350	193,000	H	
56.1	4,139	112.0				31.1	19.2	10,600	110.0	3.26	1,110	632,000	H	
56.9	3,175	103.0				22.0	40.0	22,000	49.5	4.48	1,110	610,000	c	
50.3	2,601	75.0				25.2	19.1	10,500	37.0	2.99	840	462,000	H	
51.5	2,306	71.5				24.7	20.0	11,000	27.0	1.97	760	418,000	H	
♂	49.4	1,368				25.0	23.4	17.2	9,500	23.0	2.34	670	369,000	
	46.1	1,387				23.5	40.2	20.0	11,000	22.0	2.43	700	385,000	
	43.1	1,283				28.0	14.5	15.2	8,400	18.0	2.80	720	396,000	
	47.2	1,611				42.5	44.7	10.8	5,900	28.0	3.18	380	209,000	
	47.5	1,671			32.0	35.0	18.0	9,900	29.8	2.45	1,040	572,000		
	34.3	639			6.5	20.2	23.0	12,700	10.0	2.88	300	165,000		
	46.6	1,503			34.5	35.7	19.2	10,600	25.0	3.01	1,000	550,000		
	46.2	1,451			30.5	33.0	23.2	12,800	31.0	2.59	460	253,000		
	43.3	1,261			21.0	30.3	27.2	15,000	9.5	2.96	400	220,000		
	50.2	2,051			51.5	43.6	23.2	12,800	32.5	3.07	970	534,000		
	36.7	808			7.5	25.5	40.0	22,000	13.0	5.45	400	220,000		
	34.7	624			9.5	29.5	30.0	16,500	13.0	3.04	630	346,000		
43.3	1,215	22.0			37.2	23.0	12,800	19.0	2.89	400	220,000			
51.7	2,256	52.0			36.9	19.2	10,600	25.0	3.69	510	280,000			
52.3	2,123	41.5			36.0	104.0	5,700	39.5	2.37	926	510,000			
1956年 1月 30日	No. 132 400m	♀			55.0	1,854	51.5	21.4	40.0	22,000	40.7	2.38	665	366,000
			50.0	1,970	34.6	28.6	23.0	12,700	45.5	4.66	160	88,000	al	
			55.0	2,600	56.5	33.3	38.0	20,900	44.0	2.60	770	424,000	al	
			53.0	2,360	50.5	23.5	60.0	33,100	43.2	2.76	1,780	980,000	al	
			53.0	2,658	64.0	30.1	40.0	22,100	49.0	4.81	1,040	572,000	al	
			53.3	2,368	63.0	38.3	30.0	16,500	46.5	2.01	600	330,000	al	
			52.2	2,090	50.0	24.0	28.0	15,400	38.7	2.44	1,630	895,000	al	

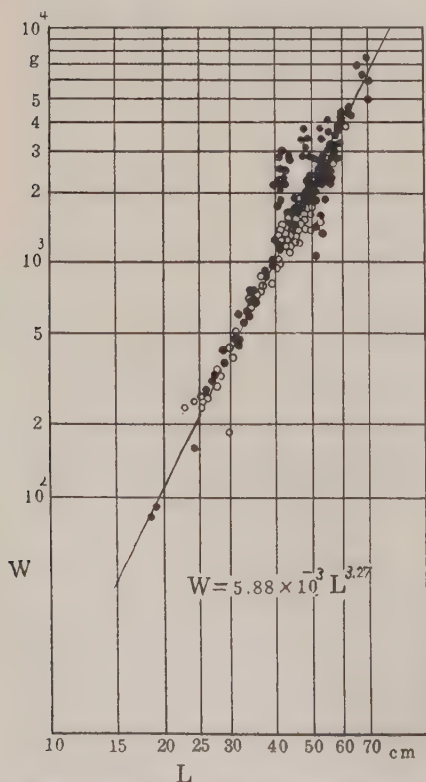
その3

時 期	漁 場 深 度	性	体長 cm	体重 g	肝		臓		内 臓		(幽門垂+腸)		成 熟 度				
					重量 g	含油率 %	ビ タ ミ ン A		重量 g	含油率 %	ビ タ ミ ン A						
							C.L.O.U	U.S.P.U			C.L.O.U	U.S.P.U					
1956年 1月 30日	No. 132 400m	♂	48.0	1,670	49.5	34.3	14.0	7,700	27.0	1.81	670	369,000					
			52.0	1,473	80.0	44.9	23.0	12,700	37.5	3.13	1,280	705,000					
			46.0	1,603	58.0	33.1	12.0	6,600	30.5	1.89	500	275,000					
			50.0	1,720	39.5	21.6	74.0	40,800	27.0	2.25	1,060	584,000					
			46.0	1,660	46.0	30.6	40.0	22,000	35.7	2.38	1,250	689,000					
3月		♀	61.0	3,660	135.5	18.1	240.0	132,000	102.0	9.69	1,040	572,000	a a a a a e				
			46.6	1,760	48.5	41.2	90.0	49,500	35.0	2.96	1,100	605,000					
			51.4	2,310	54.0	30.2	40.0	22,000	54.0	3.07	1,000	550,000					
			50.7	2,040	48.0	31.4	25.0	13,800	57.0	3.97	1,750	413,000					
			50.1	1,860	48.8	29.3	20.0	11,000	31.4	2.35	850	469,000					
		♂	64.0	4,260	92.6	13.8	650.0	368,000	59.2	4.03	4,000	2,200,000					
			47.8	1,417	22.3	27.8	57.5	31,600	26.5	4.87	510	281,000					
			44.5	1,283	14.9	19.0	40.0	22,000	20.5	2.35	500	275,000					
			4月	No. 130 400m	♀	53.9	2,450	40.5	50.9	18.0	9,900	37.5		3.88	780	429,000	b b b b
						53.9	2,370	42.5	36.5	20.0	11,000	40.0		4.35	690	380,000	
52.6	2,145	38.2				47.1	14.0	7,700	31.5	4.45	505	278,000					
53.0	2,175	54.0				46.6	11.5	6,300	31.5	5.75	400	220,000					
♂	49.8	1,825			33.5	49.4	16.0	8,800	28.0	3.85	1,280	705,000					
5月 17日	No. 68 400m	♀	57.9	2,430	126.5	56.6	6.0	3,300	66.3	4.99	600	331,000	b a b b a b a b a b a				
			51.0	1,932	49.0	33.9	15.0	8,300	53.5	5.16	230	127,000					
			51.2	2,000	52.5	42.5	6.0	3,300	49.0	4.52	286	157,000					
			48.2	1,870	45.2	35.8	6.5	3,600	34.8	4.00	300	165,000					
			48.8	2,347	74.5	52.5	9.5	5,200	48.1	8.55	186	102,000					
			57.0	2,187	86.7	40.9	8.0	4,400	73.5	4.93	325	179,000					
			48.8	1,900	40.5	50.4	8.0	4,400	53.5	3.96	235	129,000					
			42.0	1,822	49.5	46.7	8.0	4,400	46.2	5.36	260	143,000					
			43.7	2,500	63.0	38.7	14.6	8,000	49.7	5.51	730	402,000					
			55.2	1,815	55.0	27.8	40.0	22,000	54.4	5.20	860	474,000					
			53.7	2,310	58.5	39.0	12.9	7,100	43.6	3.13	510	281,000					
			49.4	2,100	53.8	42.9	12.0	6,600	48.0	4.57	325	179,000					
			1951年 7月	金 華 山 沖 800m	♀	79.0	5,000	215.0	25.0	140.0	77,000						
1952年 9月	関 上 沖 450m	♀	54.0	2,050	81.8	31.5	8.0	4,400					a a a a a				
			46.5	1,520	38.0	32.2	11.0	6,100									
		♂	45.0	1,330	22.7	52.0	8.0	4,400									
			51.2	1,820	47.8	37.7	12.0	6,600									
		♀	19.0	101	2.0	9.6	3.2	1,800									
			20.5	170	3.5	12.0	5.4	3,000									
			18.7	105	2.3	18.0	1.4	800									
			17.0	68	1.1	13.2	1.9	1,000									
10月	関 上 沖 400m	♀	40.7	850	22.0	12.6	20.2	11,000	21.0	1.54	160.0	88,000	a				
11月	関 上 沖	♂	20.0	111.5	1.3	14.2	10.3	5,700	2.0	2.7	26.4	14,500					
			19.0	86.5	2.2	7.4	8.6	4,700	1.4	11.4	0.7	400					
			20.5	105.0	1.5	12.4	8.1	4,500	2.5	6.2	29.5	16,300					
		♀	18.5	89.5	1.5	10.2	3.3	1,800	2.7	4.0	11.0	6,100					
			18.5	76.5	1.3				3.2								
		♂	19.3	87.0	2.4				2.3								
			17.5	69.0	1.8	10.4	8.7	4,800	3.5	2.2	80.0	44,000					
		♀	19.0	80.5	0.7				1.3								
			17.5	65.0	1.0				3.5								
		12月	No. { 278 279 400m	♀	43.2	1,050	12.0	19.2	42.5	23,400	40.1	4.0		132	72,700		
22.7	485				7.7	16.4	7.0	3,900	16.8	6.0	95	52,300					
♂	39.5			1,062	35.7	29.4	8.0	4,400	32.2	3.5	107	59,000					
1953年 8月	関 上 330~400m	♀	53.0	2,110	72.0	33.0	4.0	2,200									
			45.0	1,340	20.5	22.0	27.5	15,200	44.5	2.52	73	40,200					
		♂	44.0	1,200	20.5	23.0	9.5	5,200									

時 期	漁 場 深 度	性	体長 cm	体重 g	肝 臓				内 臓 (幽門垂+腸)				成 熟 度
					重量 g	含油率 %	ビ タ ミ ン A		重量 g	含油率 %	ビ タ ミ ン A		
							C.L.O.U	U.S.P.U			C.L.O.U	U.S.P.U	
10月	400~500m	♂	45.0 28.5	1,280 360	22.0 5.0	52.0 37.5	12.0 4.0	6,600 2,200	20.5 5.0	2.7 5.0	550 166	303,000 86,000	
12月	関 上 300~350m	♀	54.5	2,570	63.5	20.9	22.0	12,100	54.3	10.4	250	137,500	a
			50.0	1,900	61.7	32.4	11.0	6,100	28.0	1.3	500	275,000	a
			47.0	1,670	26.1	28.3	24.0	13,200	28.5	1.8	800	440,000	a
			52.5	2,463	73.0	40.5	16.0	8,800	29.2	3.5	230	126,500	a
			34.0	600	33.0	17.7	11.6	6,400	6.5	3.0	30	16,500	a
			32.5	490	11.5	12.5	16.0	8,800	13.0	2.4	1,340	738,000	a
			28.0	290	4.5	20.0	6.7	3,700	2.6	4.9	154	85,000	a
		♂	30.5	340	6.2	16.3	9.3	5,100	7.5	2.0	200	110,000	
			22.6	300	6.6	17.8	6.4	3,500	6.7	2.6	235	129,000	
			26.4	240	5.5	6.9	6.3	3,500	4.5	3.1	260	143,000	
			27.0	280	6.0	16.8	10.6	5,800	6.5	3.2	480	264,000	
			25.6	220	3.5	12.4	14.0	7,700	4.0	5.0	100	55,000	

Table 2. 漁場、時期別の体長と体重の関係式

月 別	エ リ モ	ト マ コ マ イ	八 戸	宮 古
12 - 1	$W=1.16 \times 10^{-3} L^{3.08}$	$W=10.0 \times 10^{-3} L^{3.14}$	$W=8.19 \times 10^{-3} L^{3.18}$	$W=3.73 \times 10^{-3} L^{3.37}$
2 - 3	$W=8.75 \times 10^{-3} L^{3.17}$	$W=9.41 \times 10^{-3} L^{3.13}$		$W=4.65 \times 10^{-3} L^{3.32}$
4 - 5		$W=1.84 \times 10^{-3} L^{3.09}$		$W=9.78 \times 10^{-3} L^{3.12}$
6 - 7	$W=6.83 \times 10^{-3} L^{3.22}$	$W=1.10 \times 10^{-3} L^{3.80}$		
8 - 9		$W=1.45 \times 10^{-3} L^{2.99}$	$W=1.23 \times 10^{-3} L^{3.75}$	
10 - 11			$W=5.52 \times 10^{-3} L^{3.31}$	$W=5.64 \times 10^{-3} L^{3.21}$



第1図(Fig.1) 体長(L)と体重(W)の関係

2. 肝・内臓の体重に対する割合

アブラガレイの主漁期は 12 月であり、またこの時期は産卵期でもある。

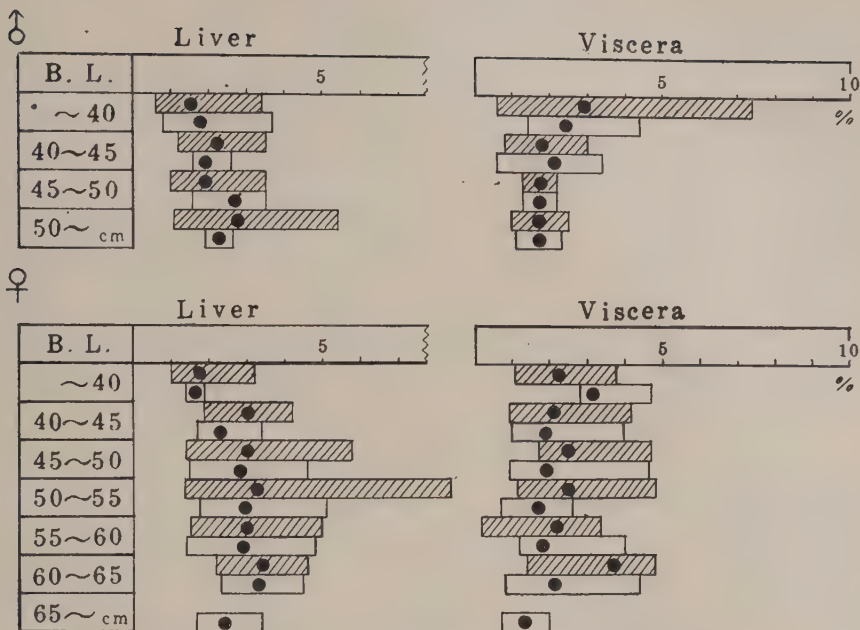
八戸で採取された試料について、12 月と 12 月以外の時期に分け、体長 40cm 以下及び 40cm 以上は 5cm 毎に分けて、肝・内臓の体重に対する百分率の最大・最小及び平均を示したのが第2図である。

即ち、第2図で見られるように、肝臓の割合は 1~4% 程度で、50cm 以上に 5% を超えるものもあるが、平均して 2~3% であり、体長の増加と共に増大する傾向を示す。

♀ は 40cm 以下を除いては 1.5~5% 程度、45~50, 50~55cm 区間の 12 月以外の時期のものも 6~8% に及ぶものも見られる。

平均は 3%、40cm 以上は体長による差は認め難い。

内臓の割合は、♂ では 40cm 以下に多いもの



第2図 (Fig. 2) 肝・内臓重量の体重に対する割合 (%)

B・L は体長、平均値と最小・最大値。

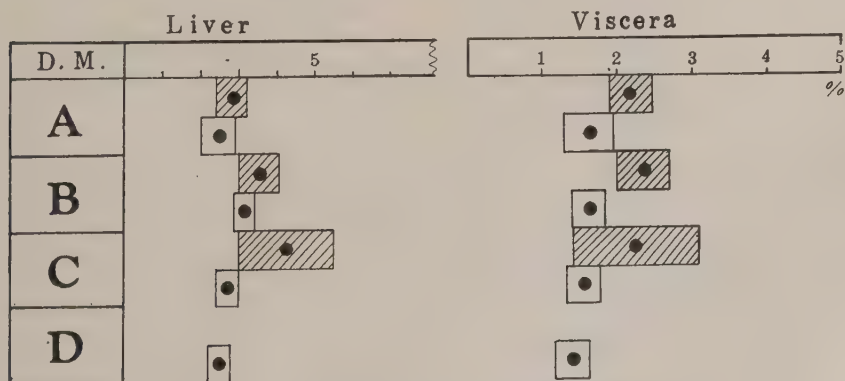
白は 12 月、斜線は 12 月以外を示す。

が見られ、1~7%、平均3%位であるが、40cm 以上は略々一定で、平均 1.8% となる。

♀ では 1~5% 程度、40cm 以下の 12 月、60~65cm の 12 月以外の各時期に多いものが見られる。他は略々大差なく平均 2% となる。

♀ 公 共に 40cm 以上について見ると、体長による肝・内臓 % の差は認め難い。

通常産卵の時期には肝臓は縮小すると云われているが、40~60cm の試料について、成熟度別肝・内臓 % の平均値及び信頼限界を示すと第3図の通りである。



第3図 (Fig. 3) 成熟度別に見た肝・内臓の重量割合 (%)

D. M. は成熟度、平均値と信頼限界、

白は 12 月、斜線は 12 月以外を表す。

即ち第3図に見られるように、肝臓は未熟より産卵期に向つて増大し、卵の成熟より完熟につて稍々縮小の傾向を示す (B と A, B と D の差は有意)。

Table 3. 肥満度と肝・内臓 % の相関係数 (r)

	成熟度	例数	肥満度と肝臓 % の r	肥満度と内臓 % の r
12月	A	7	0.199	-0.316
	B	38	-0.094	-0.154
	C	27	-0.436*	-0.458*
	D	20	0.237	0.023
12月以外	A	49	-0.086	-0.328*
	B	40	0.268	0.284
	C	8	-0.758*	-0.510

* $\alpha=5\%$ 有意

3. 魚体各部のビタミン A 含有量

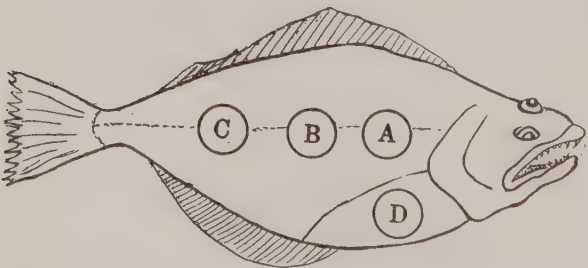
魚体各部の VA 含有量及び体内の VA 分布を知るために、第4表に記載した4尾について、内臓諸器官に分けて VA 量を測定した。

Table 4. アブラガレイの肉及び内臓諸器官の重量割合

No.	性	体 長 cm	体 重 g	肉 g	肝 臓 g	幽+腸 g	その他の 内 臓 g	卵 巣 g	頭骨・ヒレ g
1	♀	65.0	3,930	2,430	124.0	76.0	100.1	116.0	1,084
2	"	54.0	2,680	1,426	116.5	61.5	95.5	34.5	966
3	♂	53.0	2,240	1,138	62.5	34.5	68.0	52.0	884.5
4	"	55.0	2,760	1,541	111.0	80.5	83.0	31.5	913

(1955 年 1 月 塩釜魚市場)

VA 量の測定は過酸化物を除いたエーテルを用いて、無水芒硝と共に磨碎した組織から油分を抽出し、ケン化後弱活性化アルミナを用いて VA 画分を分取し、三塩化アンチモンによる呈色を 620m μ 波長の吸光度から測定した⁽²⁾。



第4図 (Fig. 4) アブラガレイの採肉区分

肝・内臓油については、ケン化しないで、アルミナにより、A型エステル型、アルコール型に分画して測定した。結果は第5・6表にとめて記載した。

第4図は肉の採取部位を示す。肉の VA 含有量は 部位によって異なり、平尾等⁽³⁾ によると、カレイ類に於いては有眼側は無眼

**
$$\text{肥満度} = \frac{\text{体重}}{(\text{体長})^3} \times 1000$$

Table 5. 肉及び諸臓器中の A 量

No.	部位	有 眼 側			無 眼 側		
		含油率	油 1 g 中	肉 100 g	含油率	油 1 g 中	肉 100 g
1	A	8.17%	8.36 I.U.	68.4 I.U.	7.05%	6.52 I.U.	46.0 I.U.
	B	6.41	6.02	38.6	4.97	11.07	55.0
	C	3.08	9.83	30.3	3.46	8.15	28.2
2	A	8.12	3.20	26.0	9.19	0.44	4.0
	C	4.33	2.78	12.0	6.15	2.60	16.0
	D	26.17	3.30	86.0	—	—	—
3	B	7.18	8.08	58.0	3.78	13.22	50.0
4	B	13.45	5.80	78.0	5.31	3.40	18.0

(註) A は頭部に近い部分 B は中央部 C は尾部に近い方 D は腹腔部

No.	胃		脾 臓		腎 臓		卵 巣	
	含油率	油 1 g 中	含油率	油 1 g 中	含油率	油 1 g 中	含油率	油 1 g 中
1	0.69%	1.200 I.U.	1.40%	1,500 I.U.	—%	— I.U.	1.54%	65.6 I.U.
2	0.71	90.1	—	—	0.61	85.0	1.81	465.0

Table 6. 肝・内臓油のビタミン A* とその型

No.	肝 臓		内 臓	
	ビタミン A	エステル型	ビタミン A	エステル型
	I.U.	%	I.U.	%
1	11,605	94.45	458,000	96.81
2	1,402	94.86	99,150	97.84
3	2,550	80.40	209,380	96.56
4	1,805	83.30	49,830	98.33

(註) V.A 測定は 328 mμ の吸収測定による。

* Tabel 5~Table 6 に於ける V.A の単位が U.S.P.U. でなく I.U. で表わしてあるのは藤田氏のビタミン定量法 P 137~145(2) に従ったためである。

U./100g であった。肝・内臓中の VA は殆んどエステル型で、83~98% を占めている。

第 5・6 表より魚体各部の総 A 量の分布を計算した値を第 7 表にまとめて示した。

即ち、VA は内臓に甚だ多く全体の 65~86%、肝臓には 14~35%、肝・内臓に 99% 以上蓄積されている。肉中には 0.3% 以下、その他の部分（胃・脾・腎・卵巣等）には 0.1% 以下過ぎない。肝・内臓中の VA 量の比は個体によつて変動するが、これについては後で考察す。

。

即ち、アブラガレイの VA はその殆んど全部が肝・内臓に存在している。

Table 7. 魚体内の総 A 量の分布

No.	総 A 量	肉 %	肝臓 %	内臓 %	その他 %
1	1,531,000	0.07	34.80	65.06	0.07 a
2	271,400	0.12	21.65	78.10	0.12 b
3	386,900	0.16	13.80	86.04	—
4	246,000	0.30	31.80	67.90	—

{ a: 胃・脾臓・卵巣の合計
b: 胃・腎・卵巣の合計

側に比し A は多いとしているが、本例に於ても概ね有眼側に多い。

含油量は頭部に近い方が多く、特に腹部は 26% に達する。肉の VA 量は 4~86 U.S.

4. 肝・内臓の VA 含有量とその消長

前項で見たように、アブラガレイの VA はその殆んど全部が肝・内臓に蓄積されているので肝・内臓の VA 量を以て全魚体の VA 含有量と見做して差支えない。

今、体重 1kg 当りの VA 量を A_w で表わすと次のようになる。

$$A_w = \frac{\text{魚体 A 総量}}{\text{体重 (kg)}} = \frac{\text{肝・内臓 A 量}}{\text{体重 (kg)}}$$

肝臓中の総 A 量を A_L 、内臓中の総 A 量を A_V で表わすと、肝臓の A 量の内臓の A 量に対す

Table 8. 成熟度特 vR_L と A_w との相関

体 長	成熟度	例数	γ
40~45	B	8	0.215
45~50	A	13	0.765**
	B	13	0.547
	C	5	0.259
	D	5	0.674
50~55	A	32	0.244
	B	34	0.114
	C	16	0.323
	D	6	0.303
55~60	A	6	0.695
	B	16	0.569*
	C	5	0.240
	D	6	0.064

* $\alpha=5\%$ で有意

** $\alpha=1\%$ で有意

比 (vR_L で表わす) は次のようになる。

$$vR_L = \frac{A_L}{A_V}$$

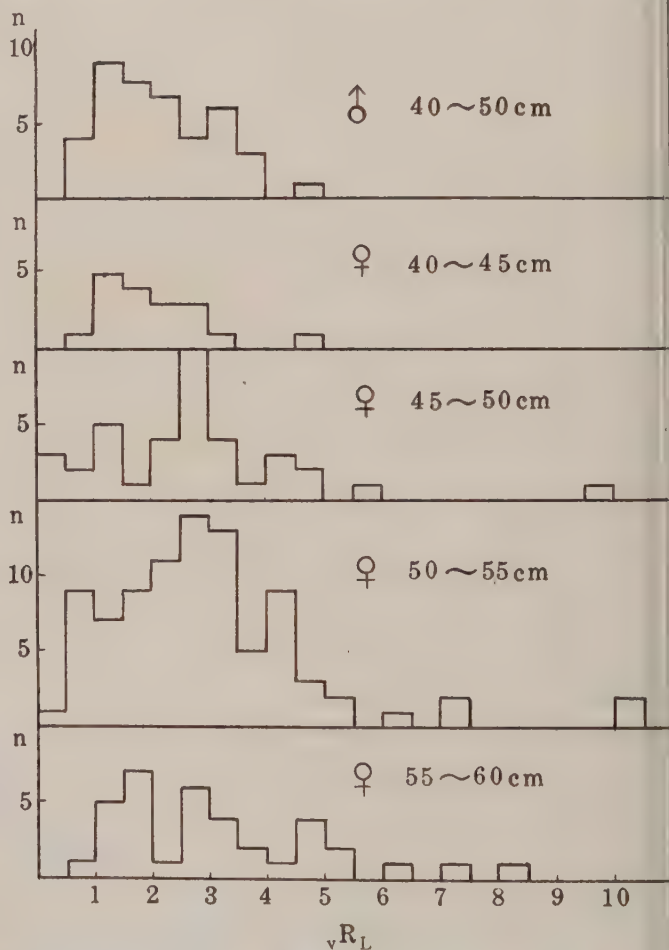
i) 体重 1kg 当り A 量 (A_w) と肝・内臓の A 量比 (vR_L) との関係。

成熟度別に A_w と vR_L との相関を求め、その結果を第 8 表にまとめた。

第 8 表に見られるように、成熟度別の vR_L と A_w との相関は有意のものは僅か 2 区分に過ぎない。

依つて一般的には魚体 A 総量の多少と肝・内臓の A 量の比の間には有意な相関はないと見ていようである。

ii) 肝・内臓の A 量の比 (vR_L) について。



第 5 図 (Fig. 5) 肝・内臓の A 量比 (vR_L) の出現度数 (n) (性別・体長別)

肝臓のA量の魚体総A量中に
める割合は 17~50% であつ
、 vR_L は 1~5 の範囲にある。
には vR_L の 10 を越すもの
も肝臓のA量が魚体A量中
% 以下のものもあるが、そ
例は少ない。

体長 40cm より 5cm 区間に
切つて vR_L の出現度数を示
たのが第5図である。

又 40cm の 早 のみについ
、成熟度別に vR_L の出現度
を 図示したのが第6図であ

。 各 の体長 40~50cm 区間で
、魚体A量中肝臓A量の占め
割合は 30~50% で vR_L は
2.5 が主なるものである。

早 は 40~45cm, 45~50cm,
~55cm と体長が増すにつれ
 vR_L の出現度数のモードが
2, より 2.5~3, 附近に移
55~60cm ではむしろ vR_L
3 以下が主となる。

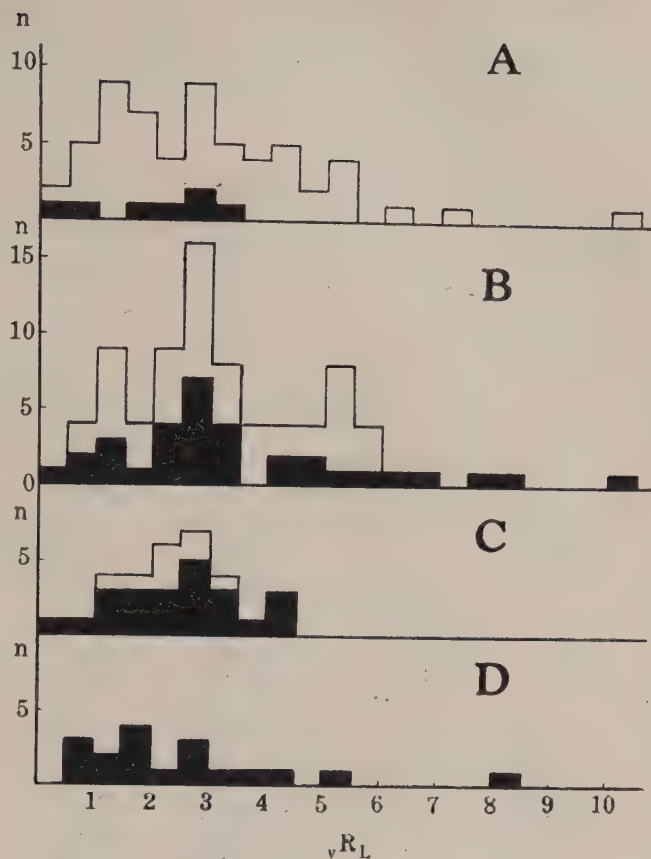
即ち、55cm 位までは体長の大きい方が、肝臓より内臓に VA がより多く存在する傾向を示
が、55~60cm では僅かにその傾向が弱くなる。

vR_L の 2 以上即ち内臓にAが肝臓の 2 倍以上存在する割合は、体長 40~45cm で 45%, 45~
cm で 72%, 50~55cm で 71%, 55~60cm で 64% となり、上記の傾向を裏書している。

成熟度に伴う vR_L の変化は、未熟Aでは vR_L の 3 が主であるが、半熟Bから成熟Cに進むに
つて、 vR_L の 2~3 が主となる。完熟Dではむしろ 2 以下が大半を占めるようになる。

vR_L の 2 以上の出現する割合は、未熟Aが 62%、半熟Bが 79%、成熟Cが 68%、完熟Dは
% となり、半熟Bの場合に、肝臓に比し内臓にA がより多く蓄積される傾向を示し、完熟D
至ると、むしろその傾向は弱くなる。

即ち成長の一時期（体長 45~55）、成熟に至る一時期（半熟B）を境として、肝・内臓中のA
の比の変化が認められる。



第6図 (Fig. 6) 肝・内臓のA量比 (vR_L) の出現度数 (n)
(40cm 以上、成熟度別)
A・B・C・D は成熟度の段階、黒は12月、白は12月以外を表す

5. 体長と肝・内臓の VA 量との関係

体長と肝・内臓の VA 量の間には次式の関係が成立つのを前報に報告したが、尚追加され資料について再検討を試みる。

$$\log A = kL + b$$

(但し A は VA 量、L は体長、k、b は恒数とする)

漁場・時期を同じくするもの 20 例 (前報の 3 例をも含む) について、夫々肝・内臓の A 濃度 (油 1g 当りの A 量) 並びに A 総量 (器官の A 量) の対数値と体長との相関をもとめた結果は 9 表に示す通りである。

Table 9. ビタミン A (log C.L.O.U.) と体長との相関

時 期	漁場 No.	尾 数	体 長 範 囲	肝 臓		内 臓	
				A 濃 度	総 量	A 濃 度	総 量
1952-12 月	—	19	28.4~70.0cm	0.820**	0.648**	0.854**	0.929**
1953- 5	61	11	46.5~61.5	0.864**	0.870**	0.709**	0.791**
9	54	10	37.4~54.7	-0.200	0.810**	0.649*	0.789**
12	176	30	48.0~67.9	0.823**	0.876**	0.721**	0.629**
"	30,33	11	51.0~59.2	0.365	0.618*	0.512	0.124
1954- 1	69,62	9	40.5~53.5	-0.605	0.456	0.010	0.357
3	122	7	44.4~55.5	-0.018	0.209	0.478	0.550
4	181	11	42.0~57.5	0.347	0.240	0.205	0.234
6	60	16	35.4~48.0	0.133	0.557*	0.094	0.510*
9	54	10	44.0~58.0	0.208	0.348	0.270	0.643*
12	54	12	43.4~63.0	0.050	0.816**	0.450	0.672*
"	120	11	42.0~70.5	0.992**	0.971**	0.695**	0.870**
1955- 1	124	11	25.2~35.0	0.147	0.488	0.503	0.849**
2	126	18	44.0~61.0	0.439	0.906**	0.028	0.849**
3	60	8	44.0~56.0	-0.295	0.233	0.585	0.827**
12	35	26	41.2~60.0	0.117	0.834**	0.520**	0.829**
"	125	23	34.3~56.9	-0.002	0.911**	0.638**	0.805**
1956- 1	132	12	46.0~55.0	0.449	0.285	0.244	0.138
3	8	8	44.5~64.0	0.795*	0.817*	0.759*	0.798*
5	68	13	42.0~57.9	0.296	0.680*	0.637*	0.605*

* $\alpha=5\%$ 有意 ** $\alpha=1\%$ 有意

Table 10. V.A 量と体長との相関の有意なもの出現度数

	全 体		12 月		12月以外の月	
	A 濃度	総量 A	A 濃度	総量 A	A 濃度	総量 A
肝 臓	5/20	13/20*	3/7	7/7	2/13	6/13
内 臓	9/20	15/20**	5/7 *	6/7 *	4/13	9/13*

* $\alpha=5\%$ で有意 ** $\alpha=1\%$ で有意

(註) 出現度数の百分率の有意の検定は、増山「少数例の纏め方と実験計画の立て方」p. 24 による。

第 10 表は産卵期 (12 月) と 産卵期以外の時期に分けて、肝・内臓別に VA と体長の相関の有意なもの出現度数を見たものである。すなわち、Tab. 10 の出現度数の % 以上のものについて危険率、1 % 及び 5 % の場合について出現度数 百分率の有意の検定を行なつた。

それによると、A 濃度について有意の相関を示すものは少ないが、A 総量では半数以上が有意であつた。更に 12 月 (産卵期) の

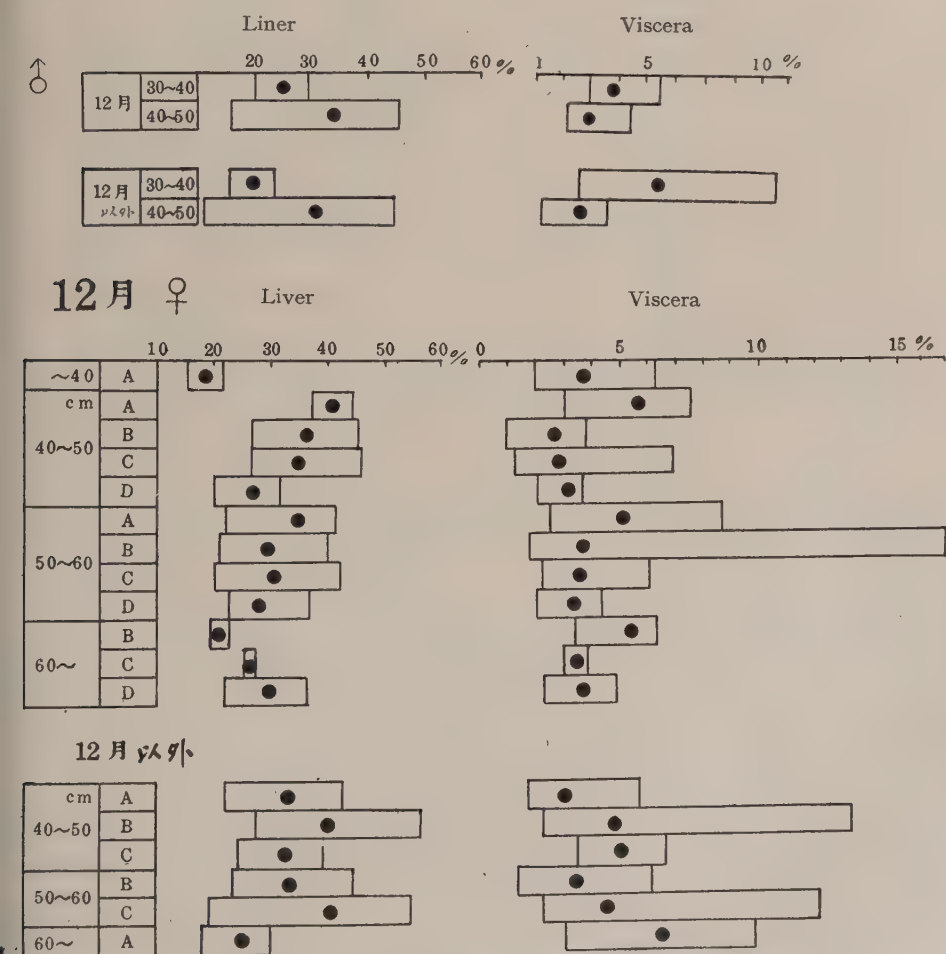
では、A濃度では半数、A総量では殆んど全部が有意であつた。12月以外の時期では、A濃度では1/3以下、A総量でも5~7割が有意となる。

即ち常にA量と体長間には有意の相関が存在するとは云いがたいが、産卵の時期には、A総量と本長との相関性は高い。

この事は産卵の時期(12月)を除いては、A量は必ずしも体長に左右されるものではない事を示すと考えられる。

含油率について

肝・内臓の含油率の最大・最小・平均値を12月(産卵期)及びそれ以外の時期、体長区分、成熟度別に図示したのが第7図である。



第7図 (Fig. 7) 肝・内臓の含油率の最大・最小及び平均値
A・B・C・Dは成熟度を表す

第7図に於て、各の肝臓は体長の大きい方が含油率が高い傾向を示すが、内臓は逆の傾向を示

している。また ♀ の肝臓の含油率については、12 月では体長 40~60cm までは未熟に大て成熟より完熟するに従つて減少する傾向を示している。即ち 40% 台より 30% 台に減少する体長 60cm 以上は含油率は低く 30% 台である。内臓は 1 部に 10% を超えるものもあるが概ね 2~6% で、未熟 B のものは含油率が多く 5% 台であるが、外は略々同じ位で 3% 程

Table. 11 含油率とビタミン A 濃度との相関

時 期	漁 場 No.	尾数	相 関 係 数	
			肝 臓	内 臓
1953年- 5 月	61	10	-0.488	0.189
9	54	10	0.358	-0.248
12	176	28	-0.499**	0.141
"	30,33	11	-0.533	0.536
1954 - 1	69,62	9	0.515	0.071
3	122	7	-0.913**	-0.153
4	181	11	-0.554	-0.400
6	60	16	-0.158	-0.683**
9	54	10	0.151	-0.317
12	54	12	-0.700**	-0.171
"	120	7	-0.165	0.047
1955 - 1 a	124	11	-0.558*	-0.614*
2	126	18	-0.130	-0.290
3	60	8	-0.485	-0.430
12	35	24	-0.285	-0.051
"	125	23	-0.772**	-0.019
1956 - 1	132	12	-0.594*	-0.050
3		6	0.575	-0.332
5	68	13	0.670*	-0.091

* 5% で有意 ** 1% で有意

である。12 月以外の時期では、肝・内臓に未熟に比し半熟又は成熟のものが多くな傾向を示す。

以上をまとめて傾向的に云うと、肝臓の含油率は放卵後一時成熟に伴つて増加し(12 月以外の時期に当る)、更に成熟→完熟に伴つて減少する(12 月産卵期)。

内臓の含油率は放卵後一時増加するが、熟、完熟に伴つて略々一定となる。

含油率と A 濃度との間には一般に逆の相関がみられることが報告されているが、本例は体長 40~60cm のものについて、漁場時期を同じくするものを用いて検討した。

A 濃度と含油率との相関を求め第 11 表をまとめて示した。

有意の相関の認められるのは、肝臓で 19 例中 7 区分、内臓では 2 区分に過ぎない。

即ちアブラガレイの場合は A 量と含油率の間には有意の相関は一般には認めがたい。

7. 成熟度と VA 量との関係

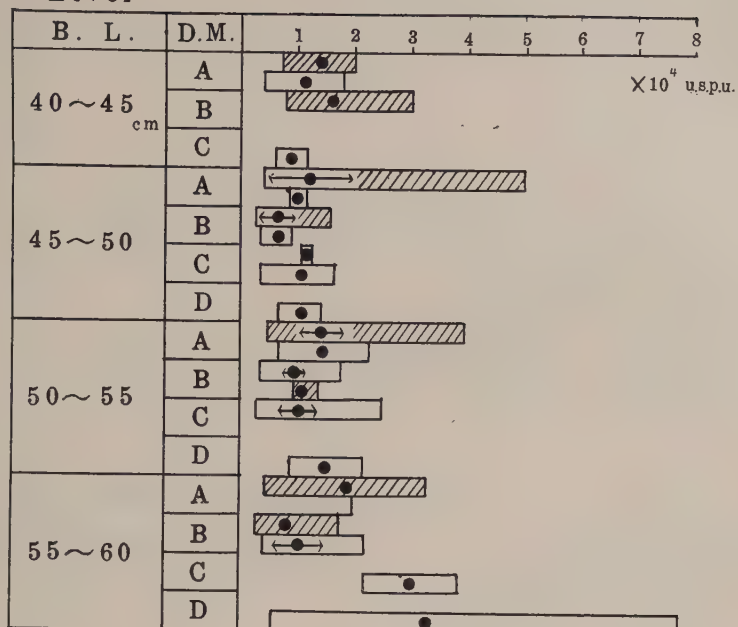
成熟体長とみられる 40cm 以上について 60cm まで、5 cm 区間に区切り、12 月(産卵期)及び 12 月以外、成熟度別に、A 濃度の最大・最小・平均値及びその信頼限界(但し 10 個体以上のみについて)を図示したのが第 8 図である。

肝臓について云うと、各成熟度、体長により平均値の有意の差は認めがたいが、12 月に比し 12 月以外の時期に A の多いものがよく現れている事、又未熟のものゝ方に、成熟度の進んだものより A の多いものが現れている場合もみられる。

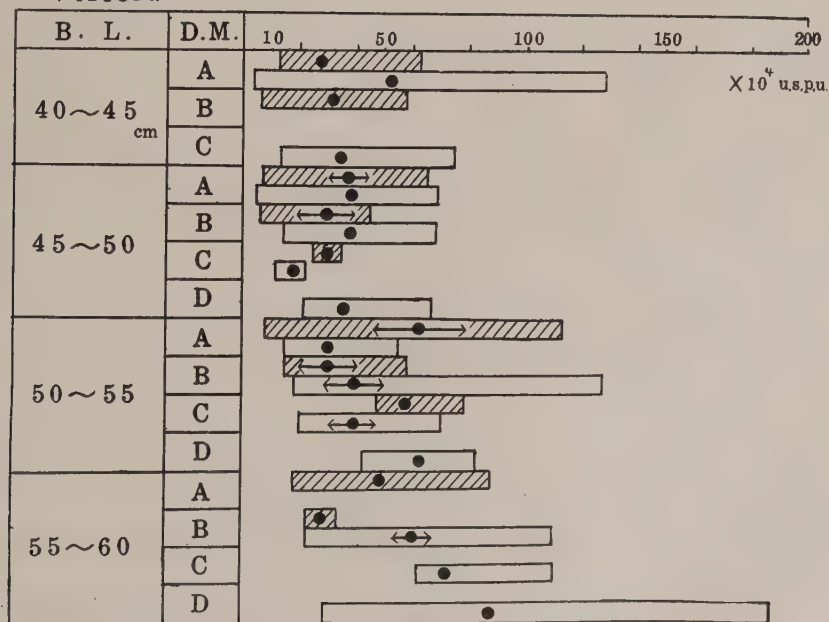
内臓については、肝臓同様、時期・成熟度により有意の差を認めるのは困難であるが、体長増大と共に A も多くなる傾向を示す。

A 濃度の変化は見かけ上の変化を示すに過ぎないので、A の変化を見るためには A 総量の多を見る方がよい。

Liver



Viscera

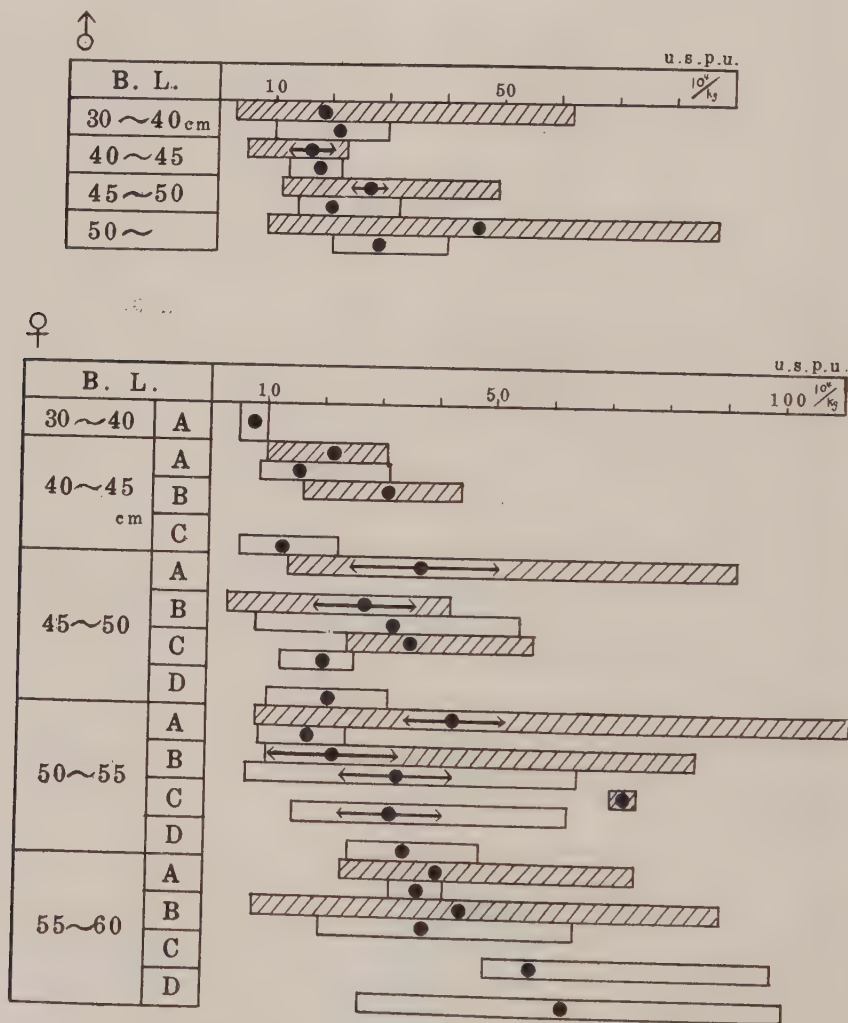


第8図 (Fig. 8) 成熟度と VA 量との関係

最小・最大値・平均値及び信頼限界 (矢印) B. L. は体長, D. M. は成熟度, A, B, C, D は成熟度段階, 白の矩形は 12 月, 斜線は 12 月以外の月を表す

8. 魚体総 A 量の消長

魚体総 A 量を比較するため、体重 1kg 当り A 量を計算し、その最大・最小・平均値及び信頼限界（試料 10 個体以上のみ）を、12 月（産卵期）12 月以外・成熟度別・体長別に図示したのが第 9 図である。



第 9 図 (Fig. 9) 魚体総 A 量の消長を示す図

最小・最大値・平均値及び信頼限界（矢印），A, B, C, D は成熟度段階，
白のバーは 12 月，斜線のバーは 12 月以外の月を表す

♂ は体長の増大と共に、30~40cm の 20 万 u.s.p.u./kg より、50cm 以上の 30~50 万 u.s.p.u./kg 台に増加する。12 月（産卵期）以外の時期に 12 月に比し多いものが現れている。又個体差がかなり大きく、最大・最小の比は 2 より 9 に亘る。12 月のものが個体による開きが少ない。

♀ は、最大値をみると体長の増加による A_w の増加は認めがたいが、平均値では、体長と共に増加する傾向を示している。しかし平均値の有意の差は認め得ない。

又未熟のものに A_w の多いものが現れており、中には半熟よりも有意に多いもの (50~55cm, ♀・B) もある。

最大・最小の開きはかなり大きく、2~11 にわたり、12 月以外の時期の方が大きいのは 全同様である。

以上の如く、体重 1kg 当り A 量 (A_w)

でも、個体差がかなり大きく、12 月 (産

卵期以外の時期に於ては特に著しいのは、

体内 VA の蓄積は、体長 (年齢)、成熟

期以外の因子で、個体により著しい差を持

つもの (例へば餌料等)、による影響が大き

い事も推察される。しかしながら産卵期の

ように、産卵のため集団をなす場合はその

ためか、或は殆んど餌を摂らない事による

のか A_w の最大・最小の開きは少なく

なり、又 A 量も体長に相関を持つようにな

る。(§5 参照)

第 9 表より体長別の A_w の平均を図示

すると第 10 図が得られる。

体長 30~50cm 間の魚体 A 量は、単位

重当りについてみるならば、平均して

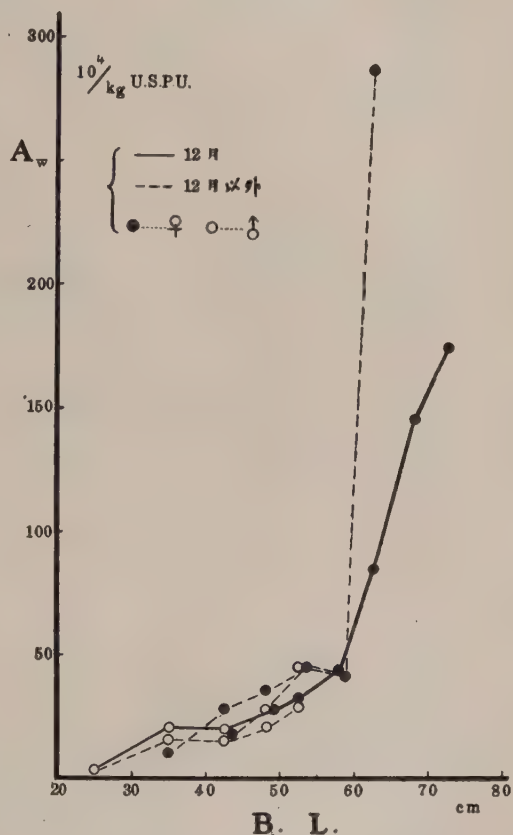
10~50 万 u.s.p.u./kg であり、体長と共に

漸増の傾向を有するとは云え個体差は著

しい。特に産卵期以外の時期は甚だしい。

体長 60cm 以上は例外なく VA は激増し、

10 万 u.s.p.u./kg 以上に及ぶ。



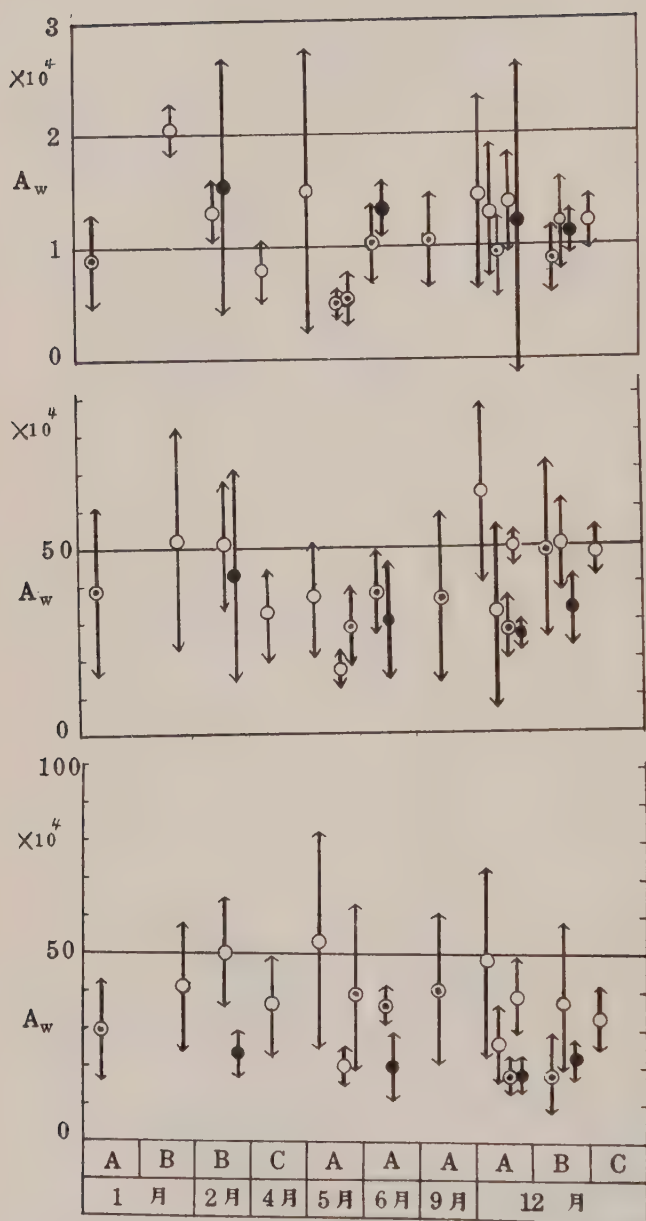
第 10 図 (Fig. 10) 体長 (B.L.) と 1kg 当り A 量 (A_w) との関係

9. 漁場・時期及び深度により VA 含量に差異があるか?

同時期・同漁場で得られた試料を、雌雄、体長を 40~50cm、50~60cm の 2 群に分け、肝・臓の A 濃度、体重 1kg 当り A 量 (A_w) につき、5 尾以上のものの平均値及びその信頼限界図示したのが第 11 図であり、漁場をエリモ、トマコマイ、八戸の 3 漁場に分けている (漁場分け方は、東北水研海洋資源年報底魚資源編 28~29 年度による)⁽⁴⁾。

前項で指摘したように、個体差は 12 月を除いてはかなり大きいので、漁場・時期別の有意の差をみる事は出来ない。

更に深度と A 量との関係を見るため、体長 50~60cm の ♀ 10 例について、A 量の平均値と



第 11 図 (Fig. 11) 漁場別魚体 1kg 当り A 量 (A_w) の変異

A…エリモ漁場 B…トマコマイ漁場 C…八戸漁場

♀ ○…50~60cm ●…40~50cm

♂ ●…40~50cm

量 (A_w) の多少は肝・内臓中の A 量の分布比には無関係である。

5. 成熟体長に達したものの体長 40~55cm 区間では体長の大きなもの程、肝臓より内臓にが多く蓄積される傾向を示す。

6. 生殖腺の成熟に伴って、肝臓より内臓に A がより多く蓄積されているが、完熟すると若

深度との相関を求めた。

肝臓の A 量と深度との

関 $r=0.091$

内臓 " $r=0.431$

A_w " $rA=0.580$

($\alpha_5\%=0.632$ スネデガ
統計的方法上による)

何れも有意ではない。

従つて、本報で扱つた
料の範囲では、漁場・時
・深度等により、A 量に
があるとは云い得ない。

10. 摘 要

1. 肝臓の体重に対す
割合は、通常 2~6% で
均は 早が 3% 合が 2%
である。内臓は 1~4%
平均 早合 共に 2% と
られる。

2. 肝臓は生殖腺の
熟、完熟に従つて縮小の
向を示す。

3. VA の体内分布は
・内臓に 99% 以上、そ
内肝臓中には略々 17~
%, 肉中には 100g 中 4
86 I.U. 存在し全魚体
0.07~0.3%、その他胃
腎・卵等には 0.1% 内外
在するに過ぎない。

4. 魚体 1kg 当りの

くなり内臓には肝臓の2倍程度になる。

7. 体長とVA量との相関は産卵期(12月)には良く認められるが、他の時期では必ずしも認められない。

8. 雌魚の肝臓含油率は体長40~60cm区間のものでは35~40%で、卵巣が成熟すると30%台に完熟すると更に低下する。

雄魚の肝臓含油率は20~40%程度で未成熟の大形魚(40~50cm)に屢々40%を超過するものがある。

9. 雌魚の内臓含油率は2~6%で未熟魚は平均5%、成熟魚では3~4%となる。

雄魚では1~6%。体長の大きい(40~50cm)未熟魚に9%に達するものがある。

体長の大きい方が含油率は低い(1~3%)。

10. 含油率とA濃度の相関は多くは認め難い。

1. 成熟度による肝・内臓のA量の差異は余り認められない。

2. 体重1kg当りのA量は体長と共に増加し特に50~60cm区間で急増する。

3. 肝・内臓のA濃度、体重1kg当りA量の漁場・時期・深度による差は本報告の範囲では認められない。

本稿を終るに当たり試料の採集に多大の御協力を頂いた八戸支所橋本良平・小矢地栄両技官外所各位に厚くお礼を申し上げますと共に、御校閲と御注意を頂いた木村所長並びに谷井利用部長に謝致します。

文 献

- 1) 山村弥六郎・武藤清一郎：東北水研報告 4, 299-315 (1955)
Yamamura, Y. & Muto, S. : Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab. (4), 299-315 (1955)
- 2) 藤田秋治 (1955) : ビタミン定量法 137~145p, 東京; 南江堂
Fujita, A. : Vitamin Assay Methods (Japanese), p.134~145; Nankodo, Tokyo (1955)
- 3) 平尾秀一・山田充阿弥・菊池 嶺 : 日水学誌 20, 736~740 (1954)
- 4) 東北水研海洋資源年報 : 底魚資源編 昭和28~29年度 7p.

既刊 東北海区水産研究所 研究報告

第 1 号 (昭和 27 年 6 月発行)

続番号					頁	
第 10 号	東北海区に來遊するカツオのポピュレーションに就いて	川崎	健	1		
第 11 号	音響測深儀に記録されたカツオ・マグロ群の像	{ 木岩服	村下部	喜光之助	15	
第 12 号	東北海区に於ける底魚の消化系と食性に就いて 第 1 報 キチヂ					三河
第 13 号	東北海区産アブラガレイ <i>Atheresthes evermanni</i> JORDAN & STARKS に就いて 第 1 報 年令査定の基礎的研究	甲	二	郎	25	
第 14 号	底曳網の模型試験 (第 1 報)	{ 猿渡安三	田辺井河	達光達正	雄男夫男	35
第 15 号	東北海区サメガレイ <i>Clidoderma asperrum</i> TEMMINCK & SCHLEGEL に就いて 第 1 報 年令査定の基礎的研究					
第 16 号	魚類の標識放流方法に関する一資料	{ 猿笠	田原	達康	雄平	50
第 17 号	ブリの産卵場・産卵期に関するブリの卵巣の調査					
第 18 号	垂下養殖カキの附着生物に関する研究 第 1 報 ムラサキイガイ (<i>Mytilus edulis</i> LINNÉ) の駆除について	{ 佐武	藤田	省忠	吾郎	63
第 19 号	松島湾附近のシジミに関する研究					
第 20 号	アブラザメ (<i>Squalus suckleyi</i> G.) の肝臓色彩とビタミン A 濃度 との関係	山	村	弥六郎	83	
寄 稿	海況の変化に関する漁業生物学的研究	畑	中	正吉	88	

第 2 号 (昭和 28 年 11 月発行)

第 22 号	東北海区金華山沖に於けるカツオ主漁場の成立に就いて	北野	清光	1
第 23 号	カツオに寄生する鉤頭虫類の 1 種 (<i>Rhadinorhynchus katsuwonis</i> HARADA) の寄生率について (予報)	堀小	田川 秀之達	11
第 24 号	薩南海区のカツオ幼魚の分布について	堀田	秀之	19
第 25 号	釣り直後のカツオの体温に就いて (特に血合筋の異常高温に関して)	福島	信一	22
第 26 号	東北海区に於ける底魚類の消化系と食性について (第 2 報) サメガレイ・ババガレイ	三河	正男	26
第 27 号	ババガレイの年令査定及び成長	笠原	康平	37
第 28 号	ナメタガレイ <i>Glyptocephalus stelleri</i> の年令に関する基礎的研究	橋本	良平	49
第 29 号	垂下養殖カキの附着生物に関する研究 第 2 報 季節的变化	谷佐	田藤 専省 治吾	56
第 30 号	アマノリ類の生活史の研究 第 1 報 果胞子の発芽と成長	黒木	宗尚	67
第 31 号	アサクサノリの糸状体の単胞子放出に就いて	黒木	宗尚	104
第 32 号	内湾底土中の可溶性栄養塩について 第 1 報 底土に含まれる可溶性栄養塩についての一考察	奥田	泰造	109
第 33 号	内湾底土中の可溶性栄養塩について 第 2 報 底土耕耘による栄養塩溶出の可能性について	奥田	泰造	118
第 34 号	アブラザメ (<i>Squalus suckleyi</i> G.) の体長と肝油のビタミン A 濃度との関係	山武	村藤 弥清 六一郎	126
第 35 号	寒天ジェリーの強度について 第 4 報	谷井	深	134

第 3 号

(昭和 29 年 10 月発行)

業績番号

- 第 37 号 カツオ群の性状 第 1 報 東北海区のカツオ群を“付きもの”別に見た場合の各群の分布・餌付状態・群の大きさに就いて…………… 木 村 喜 之 助

第 4 号

(昭和 30 年 3 月発行)

- 第 41 号 東北海区における極前線帯とその変動について 第 1 報…………… 川 合 英 夫
第 42 号 東北海区に於けるカツオ魚類の漁獲水温に就いて…………… 黒 田 隆 哉
第 43 号 海区别カツオの食餌組成について…………… {堀 田 秀 之
小 川 達
第 44 号 日本西南海区に來遊するカツオの移動および成長に就いて…………… 川 崎 健
第 45 号 伊豆・小笠原及び東北海区におけるカツオの移動及び成長について… 川 崎 健 1
第 46 号 日本近海に於けるマルソーダカツオの季節的分布とその成長…………… 堀 田 秀 之 1
第 47 号 底曳網漁獲量の群衆生態学的考察…………… 甲 二 郎 1
第 48 号 東北海区に於ける底魚類の消化系と食性に就いて 第 3 報
アブラガレイ…………… 三 河 正 男 1
第 49 号 アブラガレイの年令査定に就いて…………… 笠 原 康 平 1
第 50 号 ヤナギムシガレイの年令に関する基礎的研究…………… 橋 本 良 平 1
第 51 号 サメガレイの生態学的研究 第 1 報 肥満度・生殖腺重量の季節的
変化に就いて…………… 笠 原 康 平 1
第 52 号 スルメイカ *Ommastrephes sloani pacificus* (Steenstrup) の成長度
と産卵期に就いて…………… {安 井 達 夫
石 戸 芳 男 1
第 53 号 機船底曳網の網目に依るキチヂ魚体長の選択性…………… {丸 山 一 潔
小 滝 三 1
第 54 号 松島湾の水産資源に関する基礎研究 第 1 報 松島湾の底質について… {奥 田 泰 造
佐 藤 省 吾 1
寄 稿 松島湾の水産資源に関する基礎研究 第 2 報 松島湾の底棲生物群集… 山 本 護 太 郎 2
第 55 号 内湾底土中の可溶性栄養塩について 第 3 報 底土に含まれている
可溶性栄養塩の海水中への溶出に関する二・三の考察…………… 奥 田 泰 造 2
第 56 号 養殖海苔の色沢変化に関する研究 第 1 報 水溶性色素の変化について… 佐 野 孝 2
第 57 号 乾燥・海水塩分・光線がアマノリ類の糸状体 (Conchocellis 期) に
及ぼす影響…………… {黒 木 宗 尚
平 野 和 夫 2
第 58 号 アサクサノリの糸状体の単孢子放出について 第 2 報 放出の日週期… {黒 木 宗 尚
平 野 和 夫 2
第 59 号 乾ノリに関する研究 第 1 報 ノリの赤外線乾燥処理についての考察… 梅 本 滋 2
第 60 号 岩手県沿岸河川水質について…………… 佐 野 孝 2
第 61 号 アブラガレイのビタミン A 含量の研究 第 1 報…………… {山 村 弥 六
武 藤 清 一 郎 2

第 5 号

(昭和 30 年 10 月発行)

- 第 62 号 東北海区における極前線帯とその変動について (第 2 報)…………… 川 合 英 夫
第 63 号 日本近海のカツオの卵巣について…………… 八 百 正 和
第 64 号 移植サルボウの成長について…………… 谷 田 専 治
第 65 号 養殖海苔の色沢変化に関する研究 第 2 報 脂溶性色素及び水溶性
色素の変化について…………… 佐 野 孝
第 66 号 内湾底土中の可溶性栄養塩について 第 4 報 底土と海水間におけ
る可溶性無機磷の行動に関する一実験…………… 奥 田 泰 造

頁番号				頁
第 67 号	魚類肝臓及び其の他の器官におけるビタミン A の存在状態に関する研究 (第 1 報)	山	村	弥 六 郎 92
第 68 号	チクワ漂白の目的で行われている過酸化水素処理について検討	梅	本	滋 103

第 6 号 (昭和 31 年 3 月発行)

第 70 号	サメのビタミン A に関する研究 第 1 報 原料学的研究	山	村	弥 六 郎 1
第 71 号	Notes on the Inversion of the Upper Water Temperature in the Waters to the Northeast of Japan in Summer	Hideo		Kawai 71
	[BT の記録から見た夏季東北海区における上層水温の逆転について]			
第 72 号	日本近海におけるピンナガマグロの生態について	{川相	崎 沢 幸 健雄	81
第 73 号	松島湾の水産資源に関する基礎研究 第 3 報 干潟の動物群集	{谷山	田 本 専 治郎	93
第 74 号	松島湾の水産資源に関する基礎研究 第 4 報 水質底質並に底棲動物の季節遷移	{谷奥	田 専 治造	106

第 7 号 (昭和 31 年 3 月発行)

第 75 号	標準体長として測るべき魚体の部位について	木	村	喜 之 助 1
第 76 号	東北海区に於ける漁獲サンマの体長組成に就いて	福	島	信 一 12
第 77 号	サンマの肥満度に就いて	{福永	島 沼 信 一 璋	37
第 78 号	サンマの脂肪含有量の変動に就いて	長	倉	克 男 54
第 79 号	サンマの食餌構成と摂餌行動に就いて	{堀小	田 達 秀 和 之 子	60
第 80 号	東北海区に於けるサンマ稚魚の分布と産卵魚の成熟状態	小	達	繁 70
第 81 号	海況による魚群の集合・分離の一理論 第 1 報 東北海区秋季のサンマ漁場に関して	木	村	喜 之 助 103
第 82 号	昭和 11 年～18 年時代の本邦サンマ流網漁況に就いて	木	村	喜 之 助 146
第 83 号	定置網の漁獲サンマに就いて	木	村	喜 之 助 184
第 84 号	津軽海峡周辺のサンマに就いて (東北水研・北海道水試 共同調査)	{木堀小福内	村 田 達 原 藤 喜 秀 政 助 之 繁 眺 治	239
寄 稿	青森県西海岸に於けるサンマ漁況	大	高	兼 太 郎 296

第 8 号 (昭和 31 年 11 月発行)

第 85 号	サンマの脊椎骨数	小	達	繁 1
第 86 号	サメのビタミン A に関する研究 第 2 報 不鹼化物の検索 (1)	{山武	村 藤 弥 清 六 一 郎 郎	15
第 87 号	アマノリ類の糸状体の単孢子放出について (海での実験)	{黒平	木 野 宗 和 尚 夫	27
第 88 号	アサクサノリの糸状体の生長・単孢子嚢形成・単孢子放出と水温との関係	{黒平	木 野 宗 和 尚 夫	45
第 89 号	養殖海苔の色沢変化に関する研究 第 3 報 所謂夏ノリの脂溶性色素及び水溶性色素の変化について	佐	野	孝 62
第 90 号	乾ノリに関する研究 第 2 報 ノリ簀についての考察	{梅谷	本 田 専 滋 治	70

第 9 号

(昭和 32 年 3 月発行)

業績番号

第 91 号	寒天に関する研究	谷	井	彌	六	郎
第 92 号	サメのビタミン A に関する研究 第 3 報 A 真値及び遊離, エステル 両型ビタミン A について	{山武	村藤	弥清	六一	郎
第 93 号	日本近海の竿釣りピンナガ漁業における漁況と海況との関係について 第 1 報 黒潮前線の南側の漁場	川	崎			健
第 94 号	東北海区に於けるカタクティワシに就いて	小	達			繁
第 95 号	カツオの胃内容物中にみられたゴマサバの幼・稚魚 (薩南海区)	堀	田	秀		之
第 96 号	垂下養殖カキの密度効果に関する研究 第 1 報 原板内の個体密度効果	{谷菊	田地	専省		治吾
第 97 号	内湾底土中の可溶性栄養塩について 第 5 報 窒素並に磷の無機化に及ぼす貯蔵温度の影響	奥	田	泰		造
第 98 号	内湾底土中の可溶性栄養塩について 第 9 報 底上間隙水中に含まれている無機態の窒素並に磷の季節的变化	奥	田	泰		造
第 99 号	塩釜港内水に及ぼす廃水・陸水の影響 第 1 報 港内水の一般的性状	{谷奥佐	田田藤	専泰重		造治勝
第 100 号	塩釜港内に及ぼす廃水・陸水の影響 第 2 報 大雨後に於ける 港内水の性状	{佐奥谷	藤田	重泰専		勝造治

第 10 号

(昭和 32 年 11 月発行)

第 101 号	プランクトンの水塊指標性に就いて	{木小	村達	喜和	之	助子
第 102 号	日本近海のカツオ竿釣り漁業における漁況の変動について 第 1 報	川	崎			健
第 103 号	日本近海の竿釣りピンナガ漁業における漁況と海況との関係について 第 2 報 黒潮前線の北側の漁場	川	崎			健
第 104 号	ババガレイの生物学的研究 第 1 報 卵巣の成熟について	笠	原	康		平
第 105 号	松島湾の水産資源に関する基礎研究 第 5 報 塩釜港の柴漬について	{谷佐	田藤	専重		治勝
第 106 号	松島湾の水産資源に関する基礎研究 第 6 報 松島湾のエビの生態 その 1	佐	藤	重		勝
第 107 号	養殖海苔の色沢変化に関する研究 第 4 報 藻体吸収曲線の変化	佐	野			孝
第 108 号	ワカメの生態及び養殖に関する研究	{黒秋	木山	宗和		尚夫
第 109 号	魚類肝臓及びその他の器官におけるビタミン A の存在状態に関する研究 第 2 報 所謂黒肝中のメラニン色素によるビタミン A の吸着とその化学的証明	山	村	弥	六	郎
第 110 号	On the natural Coordinate System and its Applications to the Kuroshio System	Hideo		Kawai		

第 11 号

(昭和 33 年 3 月発行)

第 111 号	東北海区におけるヒレグロの分布	{浜石	井戸	生芳		三男
第 112 号	サンマの形態学研究	小	達			繁
第 113 号	飼育実験によるサンマの成長について	堀	田	秀		之
第 114 号	日本近海のカツオ竿釣り漁業における漁況の変動について 第 2 報	川	崎			健
第 115 号	海水密度の鉛直分布に於ける“密度逆転”に就いて	黒	田	隆		哉

番号					頁
116号	塩酸による種ガキ採苗器の洗滌について	菊佐奥谷	地藤田	省重泰専	吾勝造治 88
117号	附着珪藻の生態学的研究, 特に浮遊・底棲珪藻との関係について 第1報 塩釜港における附着珪藻の季節的变化の概況	佐	藤	重	勝 94
118号	松島湾の水産資源に関する基礎研究 第7報 底棲動物の垂直分布 とその季節遷移	谷奥	田	専	治造 112
119号	Sponges collected from Oyster-Rafts in Matsushima Bay and its adjacent Waters	Senji		Tanita	127

既刊研究業績 (東北海区水産研究所 研究報告 以外の分)

番号					
第1号	漂流瓶による海流調査 (第1報) 駿河湾の海流 (特に湾内の循環流に就いて)	木村喜之助	〔日本海洋学会誌, 第5巻, 第2~4号, p. 70~84 (1950)〕		
第2号	東北海区カツオ魚体組成について	山 中 一 郎	〔日本海洋学会誌, 第5巻, 第2~4号, p. 99~104 (1950)〕		
第3号	異方性海洋に於ける定常吹送循環流に就いての一問題 第1報 解析的解法 (其の1)	齋 藤 泰 一	〔日本海洋学会誌, 第5巻, 第2~4号, p. 130~142 (1950)〕		
第4号	寒天ジェリーの強度について (其の3)	谷 井 潔	〔日本水産学会誌, 第16巻, 第4号, p. 115~118 (1950)〕		
第5号	アブラザメ燻製保存試験 第1報 腐敗観を呈する迄の日数と温度との関係	山村弥六郎	〔日本水産学会誌, 第16巻, 第10号, p. 433~434 (1951)〕		
第6号	同 上 第2報 油脂の変化について	山村弥六郎	〔日本水産学会誌, 第16巻, 第11号, p. 510~512 (1951)〕		
第7号	同 上 第3報 アンモニアの生成について	山村弥六郎	〔日本水産学会誌, 第16巻, 第11号, p. 513~516 (1951)〕		
第8号	魚粉食用化に関する研究	東 秀 雄, 新田忠雄, 長倉克男, 梅本 滋	〔日本水産学会誌, 第17巻, 第6号, p. 147~156 (1951)〕		
第9号	アブラザメ肝臓のビタミンAに関する研究 第4報 季節的变化について	山村弥六郎	〔日本水産学会誌, 第17巻, 第11号, p. 337~341 (1952)〕		
第21号	サバの回遊路 (サバ標識放流試験結果)	木村喜之助	〔日本水産学会誌, 第19巻, 第4号, p. 415~423 (1953)〕		
第36号	NH ₃ -H ₂ O 系による寒天質の抽出について	谷 井 潔 (東北水研), 絹 卷 丞 (東北大学非水研)	〔東北大学非水溶液化学研究所報告, 第3巻, 第2号, p. 129~136 (1953)〕		
第38号	魚肉の坐りについて (V) 座りの判定及び比較の方法	梅本 滋 (東北水研), 岡田 稔 (東海水研), 右田正男 (東海水研)	〔日本水産学会誌, 第20巻, 第4号, p. 313~318 (1954)〕		
第39号	サンマの黄色色素について (予報)	長 倉 克 男	〔日本水産学会誌, 第20巻, 第4号, p. 286~291 (1954)〕		
第40号	NH ₃ -C ₂ H ₅ (OH) ₃ 系に依る寒天質の抽出について	谷 井 潔 (東北水研), 絹 卷 丞 (東北大学非水研)	〔東北大学非水溶液化学研究所報告, 第4巻, 第2号, p. 133~142 (1954)〕		
第69号	NH ₃ -H ₂ O 系抽出粗寒天の精製に関する研究	谷 井 潔 (東北水研), 絹 卷 丞 (東北大学非水研)	〔東北大学非水溶液化学研究所報告, 第5巻, 第2号, p. 65~75 (1955)〕		

既 刊 出 版 物 (研究業績以外の重要出版物)

東北水研叢書

- | | | |
|-------|--|--------|
| 第 1 号 | カツオに就いて | (1952) |
| 第 2 号 | カキの養殖 | (1952) |
| 第 3 号 | 海苔養殖に就いて | (1952) |
| 第 4 号 | サメの利用 | (1952) |
| 第 5 号 | 東北・北海道太平洋沿岸水域に於ける機船底曳網漁業の禁止
区域と網目について | (1952) |
| 第 6 号 | 東北海区の底魚 | (1956) |

東北海区水産研究所海洋資源年報

- | | |
|---------------------------|-----------|
| (別冊) 昭和 22 年度・23 年度海洋調査資料 | (1958 発行) |
| 昭和 24 年度海洋調査篇 | (1952 ") |
| 昭和 25 年度海洋調査篇 | (1958 ") |
| 昭和 26 年度海洋調査篇 | (1952 ") |
| 昭和 26-27 年度底魚資源篇 | (1954 ") |
| 昭和 27-28 年度底魚資源篇 | (1955 ") |
| 昭和 28-29 年度底魚資源篇 | (1956 ") |
| 昭和 26 年度カツオ資源篇 | (1955 ") |
| 昭和 26 年度サンマ資源篇 | (1955 ") |
| 昭和 27 年度カツオ資源篇 | (1957 ") |
| 昭和 27 年度サンマ資源篇 | (1957 ") |

—東北海区水産研究所—
研究報告(第12号)

印刷発行 昭和33年10月25日

編輯 東北海区水産研究所

印刷者 笹 氣 幸 助

笹氣出版印刷株式会社

仙台市堤通り27

発行所 東北海区水産研究所

宮城城塩釜市東塩釜 電話1260番

國立中央圖書館

圖書分類部

圖書分類部

圖書分類部

CONTENTS

Fukushima, S.	Relation between the Fishing of the Pacific Saury and the oceanographical Conditions in the North-eastern Sea Area along the Pacific Coast of Japan.....	
Kimura, K., Hotta, H., Fukushima, S., Odate, S., Fukuhara, A. and Naito, M.	Information Concerning to Spawning of the Pacific Saury obtained from Drifting Seaweeds Investigation.....	2
Kawasaki, T.	Biological Comparison between the Pacific Tunas. Part I.....	4
Hamai, I. and Abe, S.	Ecological Studies on the Zooplankton Community in the Pacific Area off the Tohoku and Hokkaido Regions. I. Statistical Methods of Analysis of the Plankton Community and the Spring Community as an Indicator of Water Mass.	8
Hotta, H., Abe, T. and Takashima, Y.	Notes on the Head Bones of the Japanese Mackerels of the Genus <i>Pneumatophorus</i>	10
Kawai, H.	A Note on Drawing the Isotherms at the Sea Surface.....	10
Yamamura, Y. and Muto, S.	Studies in the Vitamin A Contents of the Oil Sole (<i>Athreshes evermanni</i>)	12